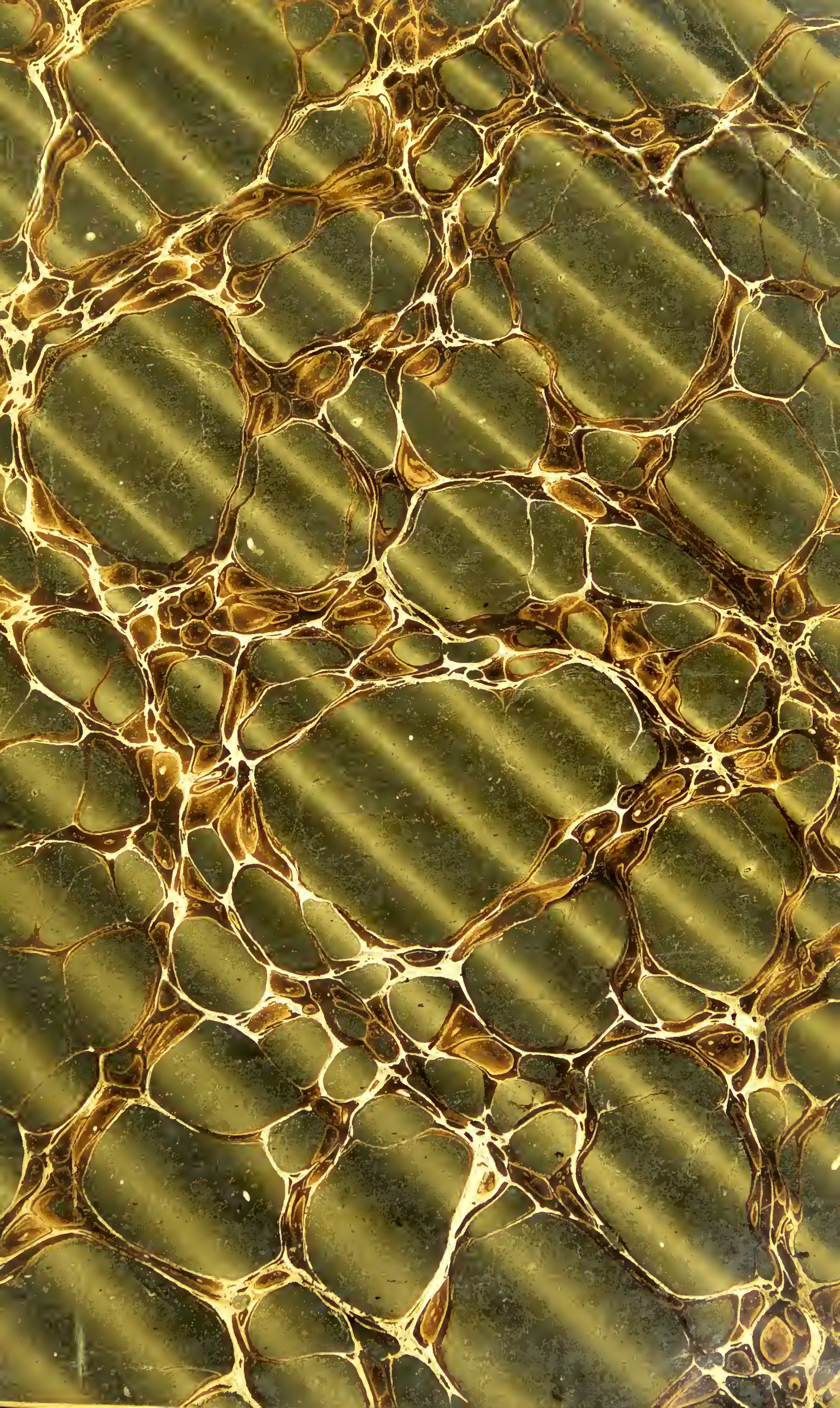



22501652351



A Monsieur le Professeur Béclard
humble hommage de l'auteur
G. Colin

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE COMPARÉE

DES

ANIMAUX DOMESTIQUES

I.

Sous presse, pour paraître en 1854.

TRAITÉ D'ANATOMIE COMPARÉE DES ANIMAUX DOMESTIQUES, par A. Chauveau, chef des travaux anatomiques de l'École impériale vétérinaire de Lyon. 1 vol. grand in-8 de 800 pages, avec 150 figures intercalées dans le texte.

Paris. — Imprimerie de L. Martinet, rue Mignon, 2.

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE COMPARÉE

DES

ANIMAUX DOMESTIQUES

PAR G. COLIN,

Chef du service d'anatomie et de physiologie à l'école impériale vétérinaire d'Alfort ;
membre de la Société centrale de médecine vétérinaire et de la Société anatomique.

AVEC FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE.

TOME PREMIER.



PARIS,

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE,
rue Hautefeuille, 19.

A LONDRES, CHEZ H. BAILLIÈRE, 219, REGENT STREET.

A New-York, chez H. Baillière, 290, Broadway.

A MADRID, CHEZ C. BAILLY-BAILLIÈRE, CALLE DEL PRINCIPE, 11.

1854.


WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE

A M. FLOURENS,

DE L'ACADÉMIE FRANÇAISE,
SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE COMPARÉE
AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE,
ETC., ETC.

Hommage de reconnaissance.

G. COLIN.

PRÉFACE.

Il pourra sembler téméraire d'entreprendre actuellement la physiologie comparative des espèces que l'homme a réduites à la domesticité. La science de la vie ne paraîtra peut-être pas encore assez riche pour qu'on puisse sortir du cercle des généralités, et déterminer d'une manière précise ce que chaque phénomène a de commun à tous les animaux et ce qu'il a de particulier à ceux qui occupent les degrés supérieurs de la série.

Certes, à prendre la physiologie telle qu'elle est à notre époque et telle que l'ont faite tant d'hommes illustres, elle ne donne pas, à beaucoup près, tous les éléments d'un parallèle à établir même entre les seules espèces qu'il est le plus facile d'observer et d'employer aux recherches expérimentales. Les grandes différences d'ensemble qui séparent les animaux d'une classe de ceux d'une autre classe sont, pour la plupart, assez bien connues, parce qu'elles frappent davantage et qu'elles ressortent, jusqu'à un certain point, des différences d'organisation ; mais celles qui existent entre des espèces de même ordre ou d'ordres très rapprochés, sont les moins bien déterminées, car ces dernières sont les plus nombreuses et souvent les plus difficiles à rattacher à leurs véritables causes.

Le manque d'éléments nécessaires à la constitution d'une physiologie comparative tient surtout à ce que, dans la majorité des recherches tentées jusqu'ici, on s'est bien moins attaché à faire une étude complète des phénomènes vitaux, avec leurs caractères propres aux divers animaux, qu'à arriver, par induction, à la connaissance de ce qu'ils sont dans l'espèce humaine. Il est résulté de cette tendance que, dans presque toutes les études expérimentales, on a eu principalement en vue les généralités, les faits constants et toujours semblables, pour laisser de côté les faits particuliers, les détails sans nombre, les nuances infinies et à peine sensibles, c'est-à-dire précisément les choses sans lesquelles il n'y a pas de comparaison possible.

Cependant, la physiologie, dont le domaine immense voit sans cesse s'agrandir son horizon, est déjà riche en découvertes précieuses, en données parfaitement établies, en principes inébranlables. Débarrassée des rêveries de tant d'imaginations déréglées et des disputes des esprits disposés à tout contester et à embrouiller les questions les plus claires, il lui reste sa rigueur, son positivisme et une inflexible logique que ne doit plus faire pâlir celle des autres sciences exactes, parmi lesquelles elle peut, dès à présent, prendre un

rang éminent, quoi qu'en disent les esprits superficiels, qui s'en tiennent à l'écorce des choses, et les matérialistes, qui ne voient dans l'économie vivante rien au delà des faces d'un os ou des attaches d'un muscle.

Mais c'eût été une profanation que d'entrer dans une voie si féconde et si dignement parcourue sans apporter autre chose que l'inventaire des résultats précieux donnés par les travaux des savants qui ont consacré leur vie à l'étude de la physiologie. Il fallait chercher les moyens de distinguer l'erreur de la vérité, et la perle d'avec le faux brillant, qui en a si souvent les apparences. Il fallait, de plus, tenter d'agrandir le cercle des connaissances acquises et de combler quelques-unes des vastes lacunes laissées sur le champ de l'observation et des expériences.

Une pareille tâche était difficile : j'en ai compris toute l'étendue et j'ai fait tous mes efforts pour la remplir en partie. Je me suis inspiré aux sources les plus pures ; j'ai demandé ma route à ceux qui l'ont si habilement tracée. Prenant pour point de départ l'organisation des animaux, je me suis appliqué à l'étude de l'art expérimental, afin de pouvoir, à mon tour, interroger la nature vivante et voir combien les procédés qu'elle dévoile sont plus merveilleux que ceux que lui prête l'imagination. Enfin, j'ai médité, dans le recueillement des veilles, sur ce que m'avaient enseigné de pénibles et persévérantes investigations.

L'ouvrage que je livre à la publicité est donc l'exposé succinct des travaux exécutés jusqu'ici, sur la physiologie des animaux, et celui des résultats de mes études et de mes expériences personnelles. Je demande pour lui, en raison de ses difficultés, l'indulgence de ceux qui me liront.

Je suis heureux de pouvoir exprimer ici ma reconnaissance à deux savants professeurs qui ont bien voulu me prêter le concours de leurs lumières, pendant le long travail que je me suis imposé : à M. H. Bouley, pour ses conseils éclairés, son appui bienveillant, les nombreux sujets d'expériences qu'il a généreusement laissés à ma disposition ; à M. Lassaigne, pour la bonté avec laquelle il m'a initié à des recherches chimiques qu'il a si heureusement appliquées aux progrès de la physiologie, et pour diverses analyses qui manquaient à la science.

Enfin, j'ai à remercier affectueusement les élèves qui m'ont aidé dans le cours de mes expériences, et, en particulier, l'un des plus distingués d'entre eux, M. Banvillet, dont l'intelligence, le dévouement sincère et la complaisance infinie m'ont été d'une si grande utilité.

Alfort, 1er mars 1854.

PHYSIOLOGIE

COMPARÉE

DES ANIMAUX DOMESTIQUES.

INTRODUCTION.

La *physiologie* est la science de l'organisme, la science de la vie. D'après le sens étymologique de son nom, elle serait la science de la nature. Mais cette acception si vague et si vaste à la fois ne lui a jamais été donnée ; aussi ne voit-on pas la nécessité de substituer au terme généralement adopté celui de *biologie*, quoique la signification plus précise de celui-ci se rapporte mieux à l'objet de la science : les mots ont leur histoire, leur passé, leur gloire, qu'importe leur acception étymologique dont on ne s'inquiète guère quand l'usage leur a donné celle qu'ils doivent avoir.

Cette science est immense : elle comprend l'étude de la vie sous toutes ses formes, dans toutes ses manifestations parmi les êtres organisés ; elle embrasse les opérations les plus mystérieuses et les plus difficiles à saisir qui s'effectuent dans la nature. Elle est toute d'observation, d'expérience, d'analyse, de calcul. Si elle est évidemment supérieure aux sciences physiques par l'immensité de son champ, la difficulté de son étude, l'essence de ses phénomènes, le caractère de ses lois, elle cède le pas à ces dernières en ce qu'elle ne saurait offrir actuellement la même précision, mais elle n'en a pas moins ses méthodes, ses doctrines et sa certitude qui deviendront un jour et qui sont déjà sur quelques points aussi rigoureuses que les méthodes, les théories et les lois dans les sciences physiques et mathématiques.

La physiologie est, venons-nous de dire, la science de l'organisme, la science de la vie : essayons de donner une idée de l'organisation animale et de son mode d'activité.

§ I. — De l'organisation en général, de ses formes et de ses lois.

L'être vivant est une machine qui se meut d'elle-même, car elle a en soi tout ce qui est nécessaire à son jeu ou à son mouvement.

Cette machine se présente sous une infinité de formes plus ou moins compliquées.

Mais si simple qu'elle soit, elle se compose d'un certain nombre de rouages, de ressorts ou d'instruments connus sous la dénomination d'organes; d'où le nom d'*organisation* donné à leur ensemble.

L'idée d'organisation implique l'idée de vie; l'une ne se conçoit pas sans l'autre, et il y a entre les deux choses qu'elles expriment ou qu'elles représentent une liaison tellement intime et réciproque, qu'il est bien difficile de découvrir si l'une est la cause ou l'effet de l'autre.

Pour se faire une idée exacte d'une machine quelconque, il faut connaître les rouages dont elle se compose, savoir comment ils sont agencés les uns par rapport aux autres, enfin comment ces rouages fonctionnent isolément ou collectivement. Or, pour cela, il faut qu'elle soit *démontée;* il faut ensuite qu'elle soit *reconstruite.* Son étude comporte donc un *examen d'analyse*, un *examen de synthèse* et enfin un *examen dynamique* ou des forces qui la mettent en mouvement.

C'est par l'anatomie et la physiologie qu'on arrive à se faire cette idée en ce qui concerne les machines vivantes. Mais celle que nous avons à examiner se présente sous une infinité de formes; faudra-t-il l'envisager réduite à sa plus simple expression, ou bien la considérer dans son maximum de complications, alors qu'elle résulte d'un nombre presque infini de rouages et de ressorts? Evidemment il sera d'autant plus facile de comprendre les principes d'après lesquels elle est construite et de saisir le mécanisme de son jeu qu'elle sera plus simplifiée. Il faudra donc, tout d'abord, considérer l'être vivant sous ses formes les plus élémentaires, c'est-à-dire, pour parler le langage ordinaire, l'être *imparfait*, l'être des degrés inférieurs de l'échelle.

Or cet être imparfait, inférieur, presque informe, homogène, vit comme l'être parfait, complexe, hétérogène : il naît de parents semblables à lui, se nourrit, s'accroît, se reproduit et meurt; il sent, il se meut, digère, absorbe, sécrète, et cependant on ne voit pas encore en lui d'organes spéciaux propres à l'exécution de ces différents actes. Il sent, quoique dépourvu de système nerveux; il se meut sans appareil musculaire, il respire sans poumons, digère sans estomac ni intestin, absorbe sans vaisseaux absorbants, sécrète sans glandes. N'est-ce pas là ce qu'il y a de plus étonnant dans la nature vivante? Et c'est un être aussi merveilleux qu'on appelle imparfait et inférieur!

A la vérité, quand on l'examine de près, on lui trouve tous les éléments nécessaires à la sécrétion, au mouvement, à la nutrition, à la reproduction. Il n'y a pas en lui de système nerveux, mais il y a des globules blancs disséminés, des fibres sensitives éparpillées dans le parenchyme des tissus; il n'y a pas de muscles, mais des fibres contractiles dispersées en tiennent lieu; il n'y a pas d'estomac, pas d'intestin, pas de poumon, mais la surface extérieure du corps peut absorber et digérer; il n'y a pas de cœur ni de vaisseaux, mais il y a des espaces, des trajets, que peuvent parcourir les liquides. A ce degré néanmoins tout est confondu, tout est homogène : c'est le chaos de la matière vivante. Bientôt ce chaos sera débrouillé, le parenchyme, la masse homogène sera démêlée. Une main créatrice séparera ces éléments confondus et en façonnera mille instruments qui auront chacun leur place déterminée, leurs rapports, leur rôle particulier : l'élément nerveux s'isolera de l'élément contractile; la peau se distinguera de la muqueuse; l'intestin, du poumon;

le vaisseau, de la glande, etc. Ainsi graduellement, successivement, se montreront ces admirables complications qui caractérisent les divers types d'êtres vivants.

Le perfectionnement ou la complication de l'organisation animale consiste donc dans la séparation des éléments, la formation des organes et la spécialisation de plus en plus grande de leurs fonctions. Ainsi, dans le principe, lorsque la cavité digestive apparaît (déjà Erhenberg l'a vue chez plusieurs infusoires), elle sert à la respiration en même temps qu'à la digestion ; bientôt la cavité qui digère se sépare de celle qui respire; la première se partage même en plusieurs fractions dont l'une élabore les aliments, tandis qu'une autre absorbe leurs principes assimilables, et qu'une troisième élimine leur résidu. En suivant dans ce sens chaque système, chaque appareil, chaque organe, on voit s'effectuer des animaux inférieurs vers les supérieurs cet isolement, cette spécialisation qui deviennent de plus en plus marqués. C'est en cela que se résume le principe d'après lequel se perfectionne la machine animale. En effet, un instrument quelconque remplit d'autant mieux son but qu'il est façonné plus exclusivement pour une seule destination, au lieu que s'il doit servir en même temps ou successivement à divers usages, il est moins bien approprié à chacun d'eux en particulier : la dent qui coupe la chair, qui déchire une proie, n'est point convenablement disposée pour moudre du grain ou broyer des herbes.

La machine vivante, envisagée sous ce point de vue, ressemble à un atelier où d'abord tout est fait par le même ouvrier, puis par une infinité d'ouvriers différents, ayant chacun des attributions bien déterminées et plus ou moins circonscrites (1).

Mais faudra-t-il regarder comme imparfaite, inférieure, celle qui se trouvera ainsi simplifiée? Ce n'est point mon opinion; celle-là, au contraire, sera bien plus étonnante, bien plus admirable, que la machine la plus compliquée. Je prends un exemple très simple, pour mieux me faire comprendre. Lorsque je considère l'horloge qui marque les secondes, les minutes, les jours, les semaines, les mois, les années, les phases de la lune, etc., je suis émerveillé. Mais aussi quel appareil compliqué de rouages, de cadrans, d'aiguilles, pour donner toutes ces indications! La complication de l'instrument explique la complication de son jeu. Si cependant je voyais une autre horloge marquer tout cela avec un seul rouage, un seul cadran, une seule aiguille, combien ne serais-je pas plus surpris, combien cette nouvelle machine me paraîtrait plus étonnante que la première? Eh bien, il en est de même de l'animal inférieur comparé à l'animal supérieur.

Quel que soit son rang dans l'échelle, quelle que soit son organisation, tout être vivant se compose de deux sortes d'éléments : les uns solides, les autres liquides. Les premiers sont disposés sous forme de globules, de fibres, de lamelles, qui, par leur réunion, constituent des pièces résistantes, des enveloppes, des réservoirs, des canaux destinés à contenir, à protéger les parties fluides disséminées elles-mêmes dans la trame de toutes les parties solides. Ces éléments, en s'associant

(1) Galien avait déjà comparé l'économie vivante à l'atelier de Vulcain, dont tous les instruments agissant d'eux-mêmes venaient spontanément se placer sous la main du dieu. (Adelon.)

suivant un certain ordre, donnent lieu à la formation des divers tissus avec lesquels sont fabriqués les organes. Ainsi de cette association résultent le foie qui sécrète la bile, le cœur qui donne l'impulsion au sang, le poumon qui hématose le fluide nourricier altéré, l'estomac qui digère, etc. Différents organes concourant à la même fonction donnent lieu par leur ensemble à ce qu'on appelle un appareil : la bouche, le pharynx, l'œsophage, l'estomac, l'intestin et plusieurs glandes composent l'appareil digestif; les cavités nasales, le larynx, la trachée, les poumons, l'appareil de la respiration.

Lorsqu'on s'en tient à des généralités, l'organisation des êtres vivants paraît essentiellement la même. La plante est au fond constituée d'après les mêmes principes que l'animal; seulement, comme la vie de l'un doit différer beaucoup de la vie de l'autre, il y a entre ces deux êtres des dissemblances organiques capitales que nous ne rappellerons point ici, et qui, d'ailleurs, sont connues de tous ceux qui ont un peu étudié les sciences naturelles : nos considérations ne vont donc s'appliquer qu'au règne animal.

Et d'abord, tous les animaux sont-ils organisés d'après un même plan perfectionné graduellement, du plus simple au plus compliqué? ou bien sont-ils construits suivant plusieurs plans ou types distincts? C'est là une première question d'anatomie transcendante qui a été résolue dans plusieurs sens par les plus savants naturalistes modernes.

Depuis les temps les plus anciens jusqu'à nos jours d'habiles observateurs ont été frappés de l'analogie qui existe entre les différentes espèces animales : Aristote, Buffon, Camper, Vicq d'Azyr, ont entrevu et développé, du moins en partie, le principe de l'*unité de composition organique* si savamment défendu par Geoffroy-Saint-Hilaire. D'après ce principe, envisagé dans le sens le plus étendu, tous les animaux seraient organisés suivant le même modèle, c'est-à-dire suivant un type constant, invariable : ce qui existe chez l'un devrait se retrouver chez tous les autres avec quelques variantes de forme ou de développement; en un mot il y aurait dans tous un nombre égal de parties essentielles disposées dans le même ordre. Ce système, d'ailleurs fort séduisant, mais facile à battre en brèche, a eu pour adversaire Cuvier qui a soutenu, avec l'autorité du génie et de la science des détails, que l'uniformité du plan dans la création des animaux n'est qu'une fiction, et, en mille endroits de ses ouvrages il s'est attaché à démontrer la pluralité des types d'organisation : ses idées sont aujourd'hui partagées par la plupart des naturalistes.

Il y a bien, il est vrai, entre tous les animaux une certaine ressemblance de structure, mais cette ressemblance ne va pas loin et se trouve fondée encore plus sur les fonctions que sur les organes : passé cela, les dissemblances apparaissent. « Le polype qui n'a pas un seul organe distinct, dont l'estomac n'est qu'une simple cavité creusée dans la substance commune et homogène de son corps, le polype n'a pas la structure du mollusque, lequel a des organes des sens, des yeux, des oreilles, un système nerveux, une circulation complète, des artères, des veines, plusieurs cœurs, des glandes sécrétoires, etc. De même celui-ci n'a pas la structure du vertébré (1). » Du reste, il n'est pas nécessaire, pour se convaincre que les animaux

(1) M. Flourens, *Histoire des travaux de Cuvier*, 2e édit., p. 273.

ne sont pas construits d'après le même plan, d'examiner comparativement tous leurs appareils organiques. Il suffit d'en considérer quelques uns et les plus essentiels. Que l'on compare le système nerveux de l'animal rayonné avec celui du vertébré, le système de ces deux types avec celui des types intermédiaires, et l'on verra, du premier coup d'œil, qu'ils n'ont point la même forme. Qu'y a-t-il de commun entre la couronne de ganglions placée autour de la bouche de l'astérie et le cerveau, la moelle épinière du poisson ou du mammifère ? Il n'y a pas analogie de forme, il n'y a pas davantage analogie de situation : le système nerveux est autour de la bouche dans l'astérie, il est sous l'appareil digestif dans l'articulé ; il est au-dessus de cet appareil dans le vertébré. Une comparaison générale des autres appareils, des autres organes, conduit au même résultat, c'est-à-dire à la négation de l'uniformité du plan de composition organique. Ainsi, il n'y a pas dans tous les animaux même nombre de parties, même forme, même structure, mêmes rapports de ces diverses parties.

S'il y a pluralité des types dans l'organisation animale, combien y en a-t-il et quels sont leurs caractères? Cuvier en admet quatre : 1° celui des *rayonnés;* 2° celui des *articulés ;* 3° celui des *mollusques ;* 4° enfin celui des *vertébrés.*

Les *vertébrés* sont les animaux les plus parfaits. Ils ont un système nerveux composé d'un cerveau et d'une moelle épinière renfermée dans une enveloppe solide et de nerfs disséminés dans toutes les parties. Ils ont un squelette intérieur articulé, osseux ou cartilagineux, un cœur, une double circulation, des organes des sens, des sexes séparés.

Les *mollusques* n'ont point de squelette. Ils possèdent un système nerveux placé en grande partie au-dessous de l'appareil digestif et dépourvu de moelle épinière. Ils manquent de grand sympathique, et souvent de plusieurs organes des sens. Mais ils ont encore une double circulation, des organes respiratoires et des glandes.

Les *articulés* ont un système nerveux formé de deux séries de renflements ganglionnaires réunis par des filets intermédiaires. Ces renflements, à l'exception du premier, sont situés au-dessous du canal digestif. Leur corps symétrique est divisé en segments transversaux. Ils sont souvent recouverts de pièces solides, articulées, qui constituent une sorte de squelette extérieur. Ils ont des organes de circulation, de respiration et de sécrétion beaucoup plus simples que les précédents.

Les *rayonnés* ont un corps dont toutes les parties sont disposées symétriquement autour d'un point central, un système nerveux très simple, souvent peu distinct. Ils manquent de cœur et de circulation complète. Ils ont des organes de respiration, de sécrétion à l'état rudimentaire. En un mot, toute leur organisation offre la plus grande simplicité et la plus grande confusion, du moins en apparence.

Bien que les êtres qui entrent dans ces quatre embranchements aient une organisation qui va, en se simplifiant, du plus parfait vers le plus inférieur, ils ne paraissent cependant pas susceptibles d'être disposés sur une même ligne, une même série, de manière à former une chaîne non interrompue. Dès l'instant qu'ils ne sont pas construits d'après un même plan qui irait graduellement en se perfectionnant, ils ne peuvent être mis les uns à la suite des autres; les êtres d'un embranchement ne se lient à ceux de l'embranchement voisin par aucun intermédiaire, et l'on ne voit pas de modification profonde à chaque point extrême pour

amener la fusion avec celui qui précède ou qui suit. Il y a donc solution de continuité dans la série.

Avant que l'histoire naturelle fût perfectionnée comme elle l'est aujourd'hui, avant surtout que l'anatomie comparée l'eût éclairée de ses lumières, on pensait que les animaux formaient une chaîne non interrompue qui se liait même à celle des plantes, et si intimement, qu'il paraissait difficile d'établir une démarcation nette entre les deux règnes. Ce fut Bonnet qui donna un corps à cette idée. « Il rangea, dit M. Flourens (1), les êtres sur une seule ligne, en allant du plus simple au plus compliqué, et il voulut que cette ligne fût partout continue, c'est-à-dire qu'elle n'offrît nulle part des interruptions ou des hiatus. » De Blainville donna à cette même idée un caractère plus scientifique en tirant un grand parti des espèces fossiles pour remplir les vides de la série et établir une liaison entre les types voisins, mais isolés les uns des autres. Néanmoins la plupart des naturalistes sont à peu près d'accord sur ce point, que les êtres vivants, et spécialement les animaux, ne forment pas une série continue, puisque l'ensemble de l'organisme ne se développe et ne se perfectionne pas graduellement; d'où il résulte qu'une série offre, si bien établie qu'elle soit, des solutions de continuité provenant de ce que les animaux d'un type ne se lient pas à ceux du type voisin par des espèces mixtes ou intermédiaires. Et comme il n'y a nulle liaison naturelle entre deux types, le passage de l'un à l'autre est heurté; il se fait par un saut pour franchir le vide.

On convient assez généralement que, si l'on veut faire des séries, il faut en faire plusieurs parallèles. « Si vous remontez, dit le savant physiologiste que je viens de citer (2), des espèces inférieures vers les supérieures, vous trouverez autant de lignes de *complication* que vous trouverez d'organes. Si vous considérez le système nerveux, vous mettrez les insectes au-dessus des mollusques; si vous considérez la circulation, les sécrétions, etc., vous mettrez les mollusques au-dessus des insectes; si vous considérez la respiration, l'oiseau aura le pas sur le mammifère; si vous considérez l'intelligence, le mammifère aura le pas sur l'oiseau; le reptile est au-dessus du poisson par la respiration, il est au-dessous par la circulation, etc., etc. » Voilà pourquoi les diverses classifications proposées ne se ressemblent pas. Ceux qui classent les mammifères d'après le système nerveux, ne les disposent point comme ils le sont dans les classifications basées sur la considération des dents et des extrémités.

Quoique les espèces animales, eu égard à leur organisation, ne puissent être disposées en une seule série continue, il est cependant incontestable qu'elles offrent dans l'ensemble de leur structure un perfectionnement gradué, qui, sans marcher, il est vrai, également vite pour tous les organes et les appareils, marche en définitive de l'espèce la plus simple vers la plus compliquée. Ainsi en prenant l'appareil digestif, on le voit d'abord sous la forme d'un sac, sans parois distinctes et à une seule ouverture; bientôt c'est un sac à deux ouvertures; d'abord il n'a que la longueur du corps; plus tard il s'allonge, se replie sur lui-même, et se renfle en certains points de son trajet. Dans le principe, toutes ces parties avaient la même

(1) *Histoire des travaux de Cuvier*, p. 264.
(2) *Travaux de Cuvier*, p. 265.

structure et remplissaient le même office; par la suite, il se fractionnera en sections qui auront chacune leur structure et leur rôle particulier; enfin des glandes nombreuses, qui lui manquent quand il est à l'état rudimentaire, apparaîtront à mesure qu'il se compliquera. Il en sera de même pour le système nerveux, l'appareil respiratoire et tous les autres.

En somme, les appareils organiques se perfectionnent donc du rayonné au vertébré, mais ils ne suivent pas les uns par rapport aux autres une complication proportionnelle et égale : il en est qui, dans certains groupes, marchent plus vite que d'autres, pour marcher plus lentement dans certains groupes différents. Malgré ces irrégularités apparentes, l'organisation se perfectionne ou se complique (car ces expressions sont ici synonymes), suivant certaines lois constantes, invariables, qu'il est essentiel d'indiquer.

Cuvier dit avec justesse « que ce qui est commun à chaque genre d'organes, considéré dans tous les animaux, se réduit à très peu de chose, et que les organes affectés au même emploi ne se ressemblent souvent que par l'effet qu'ils produisent (1). » Il suffit de jeter un coup d'œil sur les principaux appareils pour se pénétrer de cette grande vérité.

Le système nerveux, qui est le système prééminent, supérieur, qu'a-t-il de constant? Dès qu'il devient distinct, il s'offre sous l'aspect de petits renflements, donnant naissance à des filets; c'est là sa forme essentielle, fondamentale, qu'il conservera toujours. Mais ensuite quelles variétés dans le nombre, la forme, la situation, le rapport de ces masses et de ces filets! L'appareil locomoteur est constitué, au fond, par la fibre contractile. C'est dans cette fibre que réside la disposition essentielle de l'appareil. Qu'elle soit disséminée dans le parenchyme; qu'elle forme des couches sous la peau; qu'elle soit rassemblée en faisceaux; qu'elle s'unisse à des écailles, à des coquilles, à un squelette extérieur ou intérieur; que ce squelette se compose seulement d'un tronc ou qu'il ait en même temps des appendices plus ou moins nombreux, tout cela n'est que de l'accessoire. L'appareil respiratoire n'est qu'une surface par laquelle l'air se met en rapport avec les fluides nutritifs; c'est là tout ce qu'il a de constant. Cette surface est d'abord celle de la peau ou de la paroi du sac digestif. Qu'elle se distingue ensuite de celle qui digère; qu'elle se différencie des téguments; qu'elle soit formée par des branchies, des trachées ou des poumons, ce sont encore là des accessoires. L'appareil circulatoire, à son point de départ, est constitué par des canaux dans lesquels sont renfermés et mis en mouvement les liquides : il n'a pas d'autre caractère constant; que ces canaux aient ou n'aient pas de parois propres, qu'ils soient tous semblables, ou bien que les uns constituent des artères et des veines, les autres des capillaires et des lymphatiques; qu'il n'y ait point de cœur, ou bien qu'il y en ait un ou plusieurs; que ce cœur ait un seul ou plusieurs ventricules, une seule ou plusieurs oreillettes; qu'il soit sur le trajet du sang veineux ou sur celui du sang artériel, ou bien encore au point de jonction des deux sangs, toutes ces dispositions varient à l'infini.

Si, au lieu de considérer les appareils, on se borne aux organes, on verra que ce

(1) *Anatomie comparée*, t. I, p. 36.

qui est constant dans chacun n'est aussi que très peu de chose. Comparez le cerveau du mammifère avec celui de l'oiseau ; le cerveau des deux premiers avec celui du reptile et du poisson ; l'estomac du cheval avec celui du bœuf; le cœur du vertébré à sang chaud avec celui du vertébré à sang froid, et vous verrez que la somme des différences est bien plus grande que celle des dispositions constantes.

Ainsi, il y a, dans chaque organe ou chaque appareil, des choses toujours semblables, ce sont les dispositions essentielles ; d'autres très variables, dans les divers groupes, ce sont les dispositions accessoires. Il faut donc admettre, en principe, que les modifications dans la forme et la structure des organes sont presque infinies, l'anatomie comparée le démontre ; mais elles ne sont pas, tant s'en faut, susceptibles de s'allier toutes les unes avec les autres. Toutes ces diverses combinaisons ne sont pas possibles : il est certaines dispositions qui s'appellent ; il en est d'autres qui s'excluent ; pour me servir des expressions du grand naturaliste, en un mot, « il y a des *combinaisons obligées* et des *combinaisons impossibles.* »

Les lois des rapports entre les organes sont fondées sur cette dépendance réciproque des fonctions ; comme ces rapports et cette dépendance sont invariables, les lois qui les régissent n'ont pas moins, d'après Cuvier, de rigueur que les lois métaphysiques et mathématiques. On peut les appeler les lois d'harmonie ; elles sont susceptibles de se réduire à deux : la première, celle des *corrélations organiques ;* la seconde, celle de la *subordination des organes.* Quelques exemples suffiront pour les mettre en évidence.

Toutes les fois que la respiration est circonscrite ou localisée, il faut qu'il y ait un cœur pour lancer le sang vers le lieu où il doit se mettre en contact avec l'air, des vaisseaux pour l'y apporter, d'autres canaux pour le ramener dans toutes les parties ; il faut, en un mot, qu'il y ait une circulation complète. La localisation de la fonction respiratoire rend donc la circulation indispensable, et si celle-ci n'existe point, il ne peut y avoir qu'une respiration disséminée ; car, dès l'instant que le fluide nutritif ne peut aller chercher l'air, il faut que ce dernier vienne le trouver : or, comme le fluide nutritif est partout, il est de toute nécessité que l'air aille partout. C'est ce qui arrive chez les insectes : ils n'ont qu'une circulation imparfaite, leur fluide nourricier baigne toutes les parties, l'air va se mettre en rapport avec lui par des trachées ou canaux ramifiés.

La respiration et la circulation influent sur le système nerveux et la locomotion. Plus la respiration sera étendue et complète, plus les mouvements seront prompts et énergiques, plus les sensations seront vives. C'est surtout chez les animaux supérieurs que la relation est intime et nécessaire. La cessation de la circulation ou la suspension de l'hématose anéantissent presque instantanément l'action nerveuse. Ces deux fonctions sont à leur tour dépendantes du système nerveux, puisque le cœur ne se contracte que par l'intervention des nerfs, et que les organes accessoires, qui sont destinés à l'accomplissement des actes mécaniques de la respiration, ne peuvent agir que par suite de la même intervention.

La digestion a des rapports encore assez évidents avec la respiration et la circulation ; elle est rapide chez les animaux à sang chaud, dont les repas sont très rapprochés ; elle est lente, difficile chez les animaux à sang froid, dont l'hématose est faible et incomplète. Cette fonction, en apparence si indépendante des actes exté-

rieurs ou de relation, est néanmoins liée intimement à la locomotion et aux actions nerveuses. Cuvier (1) a formulé avec son génie supérieur ces rapports qu'il n'est pas possible de mieux rendre que par ces admirables expressions : « Si, dit-il, les intestins d'un animal sont organisés de manière à ne digérer que de la chair, et de la chair récente, il faut aussi que ses mâchoires soient construites pour dévorer une proie, ses griffes pour la saisir et la déchirer, ses dents pour la couper et la diviser, le système entier de ses organes du mouvement pour la poursuivre et l'atteindre, ses organes des sens pour l'apercevoir de loin ; il faut même que la nature ait placé dans son cerveau l'instinct nécessaire pour savoir se cacher et tendre des piéges à ses victimes..... En effet, pour que la mâchoire puisse saisir, il lui faut une certaine forme de condyle, un certain rapport entre sa position et la résistance, et celle de la puissance avec le point d'appui, un certain volume dans le muscle crotaphite, qui exige une certaine étendue dans la fosse qui le reçoit et une certaine convexité de l'arcade zygomatique sous laquelle il passe ; cette arcade zygomatique doit aussi avoir une certaine force pour donner appui au muscle masséter.

» Pour que l'animal puisse emporter sa proie, il lui faut une certaine vigueur dans les muscles qui soulèvent la tête, d'où résulte une forme déterminée dans les vertèbres où ces muscles ont leurs attaches, et dans l'occiput où ils s'insèrent.

» Pour que les dents puissent couper la chair, il faut qu'elles soient tranchantes, et qu'elles le soient plus ou moins, selon qu'elles auront plus ou moins exclusivement de la chair à couper. Leur base devra être d'autant plus solide, qu'elles auront plus d'os, et de plus gros os à briser. Toutes ces circonstances influeront aussi sur le développement de toutes les parties qui servent à mouvoir la mâchoire.

» Pour que les griffes puissent saisir cette proie, il faudra une certaine mobilité dans les doigts, une certaine force dans les ongles, d'où résulteront des formes déterminées dans toutes les phalanges, et des distributions nécessaires de muscles et de tendons ; il faudra que l'avant-bras ait une certaine facilité à se tourner, d'où résulteront encore des formes déterminées dans les os qui le composent, etc.

» Il est aisé de voir que l'on peut tirer des conclusions semblables pour les extrémités postérieures, qui contribuent à la rapidité des mouvements ; pour la composition du tronc et la forme des vertèbres, qui influent sur la facilité, la flexibilité de ces mouvements ; pour les formes des os du nez, de l'orbite, de l'oreille, dont les rapports avec la perfection des sens de l'odorat, de la vue, de l'ouïe, sont évidents. En un mot, la forme de la dent entraîne la forme du condyle, celle de l'omoplate, celle des ongles, tout comme l'équation d'une courbe entraîne toutes ses propriétés. »

Ainsi, de quelque côté qu'on porte ses regards, on voit qu'il y a rapport, harmonie entre les divers appareils de l'économie, comme entre les divers organes d'un même appareil. De même que telle forme de respiration commande telle forme de circulation, telle forme de système digestif, telle autre de système locomoteur, de même aussi une forme donnée dans les organes de la mastication détermine celle de l'estomac, de l'intestin, etc. La loi de corrélation organique est donc une loi rigoureuse, certaine et partout évidente. On pourrait l'appeler la loi des rapports

(1) *Discours sur les révolutions du globe*, p. 63.

ou la loi d'harmonie; elle renferme implicitement toutes les autres. Cette harmonie une fois établie, l'organisation animale pouvait être variée dans ses mille détails secondaires; aussi « la nature, en demeurant toujours, dit G. Cuvier (1), dans les bornes que les conditions nécessaires de l'existence prescrivaient, s'est abandonnée à toute sa fécondité dans ce que ces conditions ne limitaient pas; et, sans sortir jamais du petit nombre des combinaisons possibles, entre les modifications essentielles des organes importants, elle semble s'être jouée à l'infini dans toutes les parties accessoires. » Voilà pourquoi toutes ces variétés si singulières qui diversifient les nombreuses espèces du règne animal, voilà pourquoi toutes ces formes bizarres, singulières, plutôt destinées à rompre une uniformité monotone qu'à satisfaire à des nécessités fonctionnelles : il semble qu'elles soient l'œuvre d'une main devenue capricieuse, dès l'instant qu'elle pouvait se passer d'une logique inflexible.

L'organisation des animaux est donc régie par des lois rigoureuses que l'observation et l'interprétation des faits nous font découvrir. Elle est elle-même mise en rapport ou en relation avec les besoins de chaque espèce et avec ses conditions d'existence; on pourrait même ajouter qu'elle détermine ces dernières au moins dans ce qu'elles ont de fondamental. Déjà nous avons vu clairement par les expressions si éloquentes de Cuvier, comment chez les carnassiers la disposition de l'appareil digestif, des organes des sens et de la locomotion se trouve en rapport avec le régime, les mœurs, les habitudes de ces animaux. Cette nouvelle corrélation d'un ordre supérieur à celui qui existe entre les divers appareils de l'économie et les divers organes d'un même appareil devient évidente partout, parmi les herbivores comme parmi les carnassiers, chez les oiseaux aussi bien que chez les mammifères. Ainsi l'organisation de l'herbivore serait manifestement absurde si elle était semblable à celle du lion ou du tigre. Il doit vivre d'herbes ou de racines : à quoi lui serviraient des instincts féroces et sanguinaires? Il n'a pas de proie à poursuivre, à déchirer : à quoi pourraient lui être utiles des griffes acérées, un avant-bras mobile, une clavicule? des sabots, un avant-bras sans mouvements de rotation lui suffisent. Il ne doit broyer que des substances végétales, qu'a-t-il besoin de mâchoires courtes, de masséters, de crotaphites énormes, de dents aiguës? Il lui faut des dents plates, des mâchoires plus longues que solides; ses aliments tiennent beaucoup de place, il ne peut se contenter d'un petit estomac, d'un intestin court; il lui faut un ample estomac, un spacieux intestin. Cet herbivore doit être la victime du carnassier; il a besoin d'être prévenu de l'approche de ce dernier par une ouïe délicate; il peut être surpris à tout instant, il faut qu'il soit timide, craintif, sans cesse sur ses gardes; en un mot, il est nécessaire qu'il possède des instincts conservateurs tout particuliers, sans lesquels son existence ne serait pas assurée.

Si des généralités on descend dans les détails, ces rapports de l'organisation avec les conditions d'existence ne seront pas moins sensibles. La nature se montre aussi logique dans les petites que dans les grandes choses. Les carnassiers, par exemple, n'ont pas tous le même genre de vie. L'un est insectivore, il a des dents aiguës; sa

(1) *Leçons d'anatomie comparée*, 2[e] édit., t. I, p. 59.

proie débile ne résiste pas, il est faible. Il ne peut lutter contre des ennemis plus forts que lui ; par compensation la nature lui donne divers moyens de défense, tantôt une cuirasse comme au pangolin, des piquants comme au hérisson, des instruments pour creuser des demeures souterraines comme à la taupe. L'autre se nourrit de proie vivante : il est agile, fort, sanguinaire. Un troisième ne vit que de chair morte : il est plus faible, plus mou, moins audacieux. Tel doit vivre dans l'air comme la chauve-souris : il lui est donné des ailes ; tel autre dans la terre comme la taupe : ses pattes, son museau, tout est disposé pour l'aptitude à fouir le sol, à creuser des galeries. Tel autre, encore, doit habiter au sein des eaux : alors, d'un animal semblable en tous points au chien, au lion, la nature fait une sorte de poisson, elle raccourcit les membres, les dispose en nageoires, met des sphincters aux ailes du nez, modifie l'oreille externe, l'œil, etc. ; mais sous cette forme nouvelle, cette sorte de déguisement, elle laisse au phoque toute son organisation de carnassier.

Parmi les oiseaux aussi bien que parmi les mammifères, on trouve mille preuves que l'organisation a été constamment mise en rapport avec les conditions d'existence. L'oiseau de proie, qui est le carnassier ailé, a le bec crochu, les serres aiguës, l'œil perçant, l'estomac membraneux, l'intestin court ; il a aussi des instincts courageux, parce qu'il doit attaquer une proie vivante. S'il faut au contraire qu'il se contente d'un cadavre, il sera lâche, ses serres seront moins fortes, son bec moins acéré. S'il poursuit sa victime pendant la nuit, son œil ne supportera pas la lumière du soleil, son vol se fera sans bruit. Le granivore aura un bec obtus, des ongles courts, un premier estomac pour mettre en dépôt les graines, un autre pour les broyer ; l'oiseau de rivage aura de longues jambes nues, un long cou, un long bec pour chercher sa nourriture dans la vase ; l'oiseau aquatique, des pattes transformées en nageoires, un plumage imperméable, etc.

Les lois qui président à l'organisation des êtres vivants, les lois qui produisent toutes les combinaisons compatibles les unes avec les autres, et qui lient celles-ci au but pour lequel chaque être a été créé, sont invariables : elles la régissent à toutes les phases de son développement.

Lorsque l'embryon devient apparent, on reconnaît bientôt en lui les linéaments des organes essentiels qui doivent agir de bonne heure et influer même sur le développement subséquent des autres. Ces premières parties essentielles apparaissent et s'accroissent dans un certain ordre constant que les travaux des embryologistes modernes sont parvenus à déterminer ; elles affectent toujours entre elles à peu près les mêmes rapports de situation que ceux qui s'observeront plus tard.

Quelques naturalistes ont prétendu que l'être des degrés supérieurs présentait temporairement, aux différentes phases de son évolution, la forme et l'organisation des types inférieurs ; qu'ainsi le mammifère, avant d'être tel, se trouvait successivement zoophyte, mollusque, articulé, poisson, reptile, de sorte que ces types inférieurs représenteraient des êtres arrêtés dans leur développement, des états permanents correspondant à des états transitoires de la vie utérine de l'animal supérieur. Cette hypothèse séduisante, basée sur quelques analogies forcées, a été et est combattue à peu près généralement. Elle compte au rang de ses adversaires G. Cuvier, M. Flourens, Müller et la plupart des physiologistes. On concevrait cette

supposition si les animaux étaient construits d'après un même plan, une même forme, qui irait graduellement se perfectionnant du plus simple vers le plus compliqué; mais nous avons vu qu'il y a plusieurs plans ou types d'organisation, et, d'après cela, on a de la peine à comprendre comment il y aurait passage de l'un à l'autre, comment l'embryon, de l'état d'articulé, passerait à celui de mollusque, puis à celui de vertébré. Du reste, l'ovologie démontre que le système nerveux du vertébré est toujours au-dessus du canal intestinal, et jamais au-dessous comme dans d'autres types; que le fœtus n'a point de branchies avant de posséder des poumons; qu'enfin dans chaque espèce l'individu se développe suivant le plan virtuel de son organisation définitive, comme l'esquisse sous la main du dessinateur.

S'il est évident que le fœtus ne passe pas par les diverses formes typiques moins parfaites que la sienne, comment concevoir que les êtres supérieurs puissent dériver du perfectionnement des espèces inférieures. Et cependant l'idée de ces modifications successives a été présentée par quelques philosophes, ou plutôt par quelques rêveurs; elle a été même défendue, du moins en partie, par des naturalistes de mérite, Lamarck entre autres. Sans cette dernière circonstance elle n'aurait pas mérité la réfutation que Cuvier a bien voulu en faire. En effet, d'après ce qu'on sait aujourd'hui sur la fixité, l'immuabilité des espèces, il est plus que certain que cette hypothèse n'a pas le moindre fondement; si les efforts de vingt siècles n'ont pu créer une espèce hybride avec deux autres espèces presque semblables, comment aurait-il pu se faire que du développement graduel d'une seule fussent dérivées successivement toutes les autres? Qu'un insecte ait pu devenir un poisson, et celui-ci un oiseau, par la dessiccation de ses branchies et la transformation de ses nageoires en ailes, c'est là une supposition trop invraisemblable : il suffit d'énoncer de pareilles théories pour qu'elles soient par cela seul suffisamment réfutées.

Les grandes lois d'harmonie et de rapports dont nous venons de parler sont aussi rigoureuses qu'admirables. Elles ont constamment présidé à la construction des machines vivantes, et c'est parce qu'elles furent les mêmes aux anciennes époques de la création, que Cuvier a pu, en les prenant pour guide, rétablir les espèces fossiles, dans tous les détails de leur organisation, avec une certitude presque mathématique.

On avait pensé d'abord que la création avait procédé d'une manière progressive, qu'elle avait animé, dans le principe, des êtres tout à fait inférieurs, puis, par une marche ascensionnelle régulière, des êtres de plus en plus rapprochés de l'homme. Il en a bien été ainsi jusqu'à un certain point; mais une étude plus complète des débris organisés enfouis dans le sol a démontré que la création n'avait eu d'autre loi à suivre que celle de faire des êtres en rapport avec les conditions d'existence qu'offrait la surface du globe. Ainsi il y eut une époque à laquelle notre planète se trouvait entièrement recouverte par les eaux. Alors une première création peupla cet immense océan d'animaux analogues à ceux qui vivent actuellement dans les mers, c'est-à-dire de rayonnés, d'articulés, de mollusques et de poissons. Dès ce premier essai les quatre embranchements étaient représentés par leurs espèces aquatiques. A une seconde époque certains points de la surface du globe se mirent à découvert; il se forma des îlots plus ou moins étendus, d'où résultèrent de nouvelles condi-

tions, et aussitôt apparurent des animaux de rivage de tous les types, notamment ces reptiles gigantesques et singuliers qui, par suite de leur mode de respiration, pouvaient vivre dans une atmosphère impure et brûlante. Enfin, à une troisième époque, les points émergés devinrent de plus en plus étendus, formèrent des continents, et, cette fois, surgirent les animaux terrestres de toutes les familles. Après ces trois états successifs, amenés par des révolutions plus ou moins brusques, le globe fut encore bouleversé par d'autres catastrophes qui, chacune, détruisirent en partie ou en totalité le règne animal, d'où encore la nécessité de créations nouvelles et successives d'espèces analogues à celles qu'elles venaient remplacer, mais tout à fait différentes.

D'après ces conditions générales, on voit que la nature s'est invariablement astreinte à des lois rigoureuses dans l'organisation des êtres. Aux savantes combinaisons qu'elle a adoptées, on reconnaît la main souverainement intelligente qui a laissé sur toutes ses œuvres une empreinte sur laquelle pourra s'exercer longtemps la sagacité humaine.

§ II. — **De la vie en général et de ses manifestations.**

Nous venons de jeter un coup d'œil sur l'ensemble de l'organisation et rappeler sommairement les grandes lois d'après lesquelles sont construits les êtres vivants. Nous avons vu la machine sans nous inquiéter de son mouvement, la statue, mais la statue inanimée. Il faut maintenant que nous recherchions quel est le moteur, le principe d'animation qu'on appelle la vie.

Or, qu'est-ce que la vie ? une réalité ou une abstraction, une cause ou un effet, un principe ou un résultat? Les philosophes de tous les siècles et les physiologistes modernes ont essayé de résoudre cette question ; cependant on ne sait pas encore et l'on ne saura peut-être jamais en quoi consiste l'activité des êtres organisés.

La vie, n'étant pas susceptible d'être isolée, ne se conçoit pas sans l'être organisé, comme le mouvement d'une machine ne se conçoit pas sans la machine elle-même. Néanmoins, pour qu'on puisse s'en faire une notion un peu exacte, il semble qu'il soit nécessaire de l'envisager indépendamment de l'être qu'elle anime ; et bien qu'alors elle devienne une abstraction aussi peu accessible à l'esprit qu'une infinité d'autres, c'est d'après l'idée qu'on se fait de cette abstraction qu'on définit la vie si tant est qu'elle soit définissable.

Pour Cuvier, la vie est un « tourbillon plus ou moins rapide, plus ou moins compliqué, dont la direction est constante, et qui entraîne toujours des molécules de même sorte, mais où les molécules individuelles entrent, et d'où elles sortent continuellement, de manière que la forme du corps vivant lui est plus essentielle que la matière (1). » Cette définition est sans doute bien digne du génie profond qui a fait revivre un monde détruit. L'idée de comparer la vie à un tourbillon rappelle les ingénieuses conceptions de Descartes : elle est vraie et sublime à la fois ; elle renferme, car elle est complexe, celle de la forme, de la direction du mouvement, qui sont les choses principales. Cependant il ne faudrait pas analyser trop rigoureusement cette définition pour la trouver incomplète. Elle nous donne bien, il est

(1) *Règne animal*, introduction, t. I, p. 13, 1re édit.

vrai, l'idée d'une force et de sa manière d'agir en ce qui concerne la nutrition. Mais cette force quelle est-elle ? quelle notion devons-nous avoir de sa nature? C'est ce que la formule de Cuvier ne nous dit point.

De prime abord, l'essence de la vie paraît susceptible d'être reconnue, surprise en quelque sorte chez les êtres où elle s'offre avec ses manifestations les plus simples, et chez tous au moment où se développe en eux l'activité vitale. Vaine illusion ! On examine la plante la plus inférieure ; on passe de celle-ci à l'animal, de l'embryon au fœtus, du fœtus à l'animal jouissant de son existence propre, la vie nous échappe même à l'instant de son apparition.

« Le mouvement qui la constitue, dit Cuvier (1), n'a réellement son origine que dans celui de leurs parents ; c'est d'eux que les êtres vivants ont reçu l'impulsion vitale ; leur naissance n'est qu'une individualisation ; en un mot, la vie ne naît que de la vie, et il n'en existe d'autre que celle qui a été transmise de corps vivants en corps vivants par une succession non interrompue. » Elle semblerait donc le résultat de la transmission d'un mouvement qui commencerait pour chaque individu à l'instant même où il lui serait communiqué par un être le possédant déjà. Mais comment voir ce qui se passe lorsque le mouvement vital de la mère se continue dans l'embryon ? La matière formatrice de celui-ci n'est-elle déjà pas animée dès le principe de cette vitalité commune à tous les tissus, à toutes les parties de l'économie ? Comment, aussitôt que l'influence de la semence s'est produite, cette matière, qui jusqu'alors vivait d'une vie commune, arrive-t-elle à jouir d'une vie propre, d'une vie nouvelle ? Comment devient-elle un centre, un foyer d'activité au milieu d'un autre foyer, un petit tourbillon au sein d'un tourbillon plus grand ? Comment, enfin, ce nouveau foyer appelle-t-il à lui une partie de la matière de la mère, matière destinée à obéir chez l'individu nouveau à des forces qui, agissant constamment dans un sens déterminé, amènent comme résultat définitif la reproduction exacte d'un être semblable à l'être procréateur ?

Le rudiment du fœtus n'est qu'un ovule microscopique, quelque chose comme un infusoire presque informe. Ce rudiment, sous des influences inconnues, va grandir. Dans une pulpe homogène vont se former un système nerveux, un système circulatoire, un appareil digestif. Dans ce système nerveux, il va se dessiner un cerveau, une moelle épinière et des milliers de nerfs ayant toujours la même forme, le même trajet, le même mode de distribution ; dans l'appareil respiratoire, des cavités nasales, un larynx, une trachée, des poumons, etc. Sous l'influence de quelle force toutes ces parties se développeront-elles avec des formes toujours semblables, comme si elles étaient daguerréotypées, jetées dans un moule ou frappées au balancier monétaire ? On fait bien intervenir ici les affinités chimiques d'après lesquelles le sang se convertirait ici en os, là en muscle ou en ligament ; mais il est évident qu'elles n'agissent point seules, et qu'il y a au-dessus d'elles une autre force qui règle et dirige leur travail, veille à la reproduction exacte des formes ; fait que l'oreille, la bouche, le cerveau ont toujours la même disposition ; que dans la main où un même sang est apporté, ce fluide façonne ici un os, autour de cet os des ligaments, des tendons, de petits muscles, des divisions nerveuses, etc. ;

(1) *Anatomie comparée*, 2e édit., t. I, p. 6.

qu'enfin, dans toutes les parties, chaque rouage, chaque ressort est confectionné suivant son modèle, mis à sa place, parfaitement agencé avec ceux qui l'avoisinent. Ainsi déjà, dès les premiers temps de l'organisation, l'activité vitale produit des merveilles, et c'est même à cette époque qu'elle en produit de plus singulières. Là, il est vrai, la vie qui préside à l'organisation du nouvel individu ne peut pas être surprise à son point de départ, ni suivie dans toute la série de ses opérations, puisque l'embryon se développe au sein de sa mère.

Mais cette difficulté dernière peut être évitée. En prenant l'œuf de l'oiseau, nous aurons un être qui se développera seul, sous l'influence d'une certaine chaleur venue de n'importe quelle source. Nous pourrons voir cet œuf avec son germe endormi, vivant d'une vie latente si obscure que rien ne la traduit à l'extérieur. Il nous sera possible, à un instant donné, d'imprimer une détente, de mettre en jeu une activité jusqu'alors assoupie ; il nous suffira d'exposer cet œuf à une température convenable, et au bout de quelques heures, il se sera déjà opéré des changements appréciables dans quelques unes de ses parties. Le centre de ce qu'on appelle la membrane proligère deviendra transparent ; autour de ce centre se dessinera une zone, où plus tard apparaîtront des vaisseaux ; dans le centre transparent se formera une strie blanchâtre, premier rudiment de l'embryon ; puis, successivement, les premiers linéaments du système nerveux, le cœur, les viscères, etc. Tout ce travail de formation, nous pourrons le suivre, heure par heure, jusqu'au moment où le jeune sujet, étant achevé, brisera sa coque, et en sortira pour vivre de la vie extérieure. Néanmoins toute notre attention, tous nos efforts ne serviront à rien ; nous verrons les effets, nous assisterons en quelque sorte à la création de toute la machine, mais la force organisatrice restera enveloppée dans le plus profond mystère. Toutefois ce sera déjà quelque chose, ce sera même beaucoup que de nous être pénétré par cette observation patiente de la réalité d'une force inconnue, cause de tous ces phénomènes.

Si le développement du fœtus ou celui du germe dans l'œuf nous révèle une force insaisissable, inconnue dans sa nature, il est une infinité d'autres phénomènes qui nous conduisent à la même révélation, tels que les métamorphoses ou transformations successives que certains animaux éprouvent avant d'arriver à leur complet développement.

La grenouille et les autres batraciens, avant de revêtir la forme qu'on leur connaît, c'est-à-dire celle de reptile, en ont une autre dans les premiers temps de leur vie, la forme ichthyoïde. Alors ils sont à l'état de larves ou de têtards. Le têtard de la grenouille (1) a une longue queue, un bec corné, de petites franges sur les côtés du cou au lieu de membres ; il a des branchies fixées à des cerceaux solides, et même il possède, suivant Müller, des branchies extérieures avant d'en avoir d'intérieures. Il a un régime végétal ; des intestins très longs, étroits et contournés ; sa respiration et sa circulation sont analogues à celles du poisson. Bientôt son bec tombe et se trouve remplacé par des mâchoires, sa queue s'atrophie et disparaît, un poumon et tout un appareil respiratoire aérien se développent, tandis que les

(1) Cuvier, *Règne animal*, 1re édit., t. II, p. 89-91 et suiv. — Flourens, *Travaux de Cuvier*, p. 210.

branchies se dessèchent, et que les arcs branchiaux tombent; en même temps, les extrémités se dessinent sous la peau qu'elles percent bientôt; les doigts se montrent successivement; le tube digestif se raccourcit, se renfle au niveau de l'estomac. Or, en vertu de quelles lois, sous l'influence de quelle force régulatrice, le poisson se change-t-il en reptile, sa respiration aquatique en respiration aérienne, la circulation du premier en circulation du second? Par quelle puissance inconnue toutes ces transformations s'opèrent-elles constamment et de la même manière?

Les métamorphoses des insectes sont-elles moins étonnantes? Un œuf éclôt: c'est une larve qui en sort, c'est-à-dire une chenille, une sorte de ver, ayant des anneaux, point ou plusieurs pattes, un intestin énorme, un appareil respiratoire trachéen. Au bout d'un certain temps, cette larve, cette chenille se change en nymphe ou en chrysalide; son enveloppe extérieure se durcit et devient, selon la comparaison de Cuvier, comme celle d'une momie; ou bien la larve, pourvue de longues glandes flexueuses, a sécrété des filaments soyeux, qu'elle a feutrés autour d'elle de manière à s'en former un cocon. Là, elle est à peu près immobile comme le cadavre enfermé dans le cercueil. Après une période plus ou moins longue, il sortira de cette enveloppe brisée ou de ce cocon percé un insecte parfait avec une tête d'une forme nouvelle, des yeux, des antennes, un thorax, un abdomen, des pattes, des ailes. Ce nouvel insecte, ou cet insecte sous une nouvelle forme, ne devra plus vivre longtemps, et aussi son appareil digestif sera presque atrophié; il devra se reproduire et il possédera un appareil reproducteur complet, apte à entrer immédiatement en fonction (1). Ici, encore, nous observons les effets sans pouvoir saisir leur cause.

Pourrons-nous mieux la découvrir, cette cause, si nous la cherchons chez ces êtres inférieurs où la vie est disséminée au lieu d'être centralisée comme chez les animaux les plus voisins de notre espèce? Non. Nous prendrons le polype, nous le diviserons en plusieurs fragments: chacun d'eux emportera avec lui sa part de vie, chacun d'eux continuera à vivre seul comme il vivait avec le tout; il conservera la faculté de sentir et de se mouvoir; il se nourrira, s'accroîtra, deviendra apte à la reproduction. Dans cette parcelle, comme dans l'animal tout entier, la vie restera une énigme.

C'est donc en vain que dans toutes ces circonstances nous cherchons en quelque sorte à surprendre la vie, à la saisir pour ainsi dire à son point de départ. Son essence nous échappe, ses manifestations seules tombent sous nos sens, et par là nous révèlent son existence. Toutes ces opérations, si singulières, si pleines de mystère, dans lesquelles nous avons essayé de la suivre, peuvent-elles dériver d'une autre cause? tous ces phénomènes d'un ordre si différent de celui des phénomènes qui se passent dans la matière inorganique peuvent-ils être rapportés aux affinités chimiques? Il serait ridicule de le penser. Bien que la réalité du principe que nous cherchons ne puisse être démontrée directement, les effets, les résultats de ce principe nous la prouvent d'une manière suffisante.

Les effets et les résultats sont donc les seules choses que nous puissions découvrir et apprécier, puisque leur cause nous échappe. Il faut, en conséquence, établir

(1) Voyez Cuvier, *Règne animal*, 1re édit., t. III, p. 135 et suiv.

une distinction entre les premiers et la seconde. La vie est un résultat dont la cause, c'est-à-dire ce qu'on appelle le principe vital, est une inconnue qui ne peut être dégagée de la formule. Pour être logique, partons de l'effet, puis nous essaierons de remonter à la cause.

En considérant d'abord la vie, c'est-à-dire l'activité des corps organisés, l'action collective et harmonique de tous les organes, nous lui trouvons des caractères constants dans tous les êtres chez lesquels elle existe.

La vie ne se manifeste que dans les corps organisés, lesquels proviennent les uns des autres par génération ; d'où il suit qu'elle consiste en une activité transmise, qui a, pour commencement chez un individu, l'instant de sa transmission par un autre qui déjà l'avait reçue lui-même de la même manière. Sa manifestation et son entretien sont liés à certaines conditions extérieures de température et de milieux. Elle a pour premiers résultats de développer dans le germe avec ou sans le secours de l'individu procréateur un animal semblable à celui d'où provient ce germe. Elle détermine dans l'être organisé un double courant de matière, l'un qui apporte les matériaux étrangers pour les transformer en substance vivante, l'autre qui entraîne hors du corps les matériaux qui en ont fait partie pendant un certain temps. Elle amène une série d'actes liés les uns aux autres et dont l'accomplissement régulier est une condition nécessaire à sa persistance. Enfin elle fait passer l'être par une succession de périodes après lesquelles elle cesse en le livrant aux forces physiques et chimiques.

Cette activité qui dépend, jusqu'à un certain point, de diverses conditions extérieures, telles que la présence de l'air, une certaine température, etc., est susceptible de se ralentir et même de se suspendre, du moins en apparence, pendant un temps plus ou moins long, après lequel elle revient à son type normal. Ainsi la plante cesse de végéter en hiver, le reptile est plongé dans la torpeur, sous l'influence d'un froid rigoureux; le rotifère desséché ne donne plus aucun signe de vie. Mais la plante reprend son activité et le reptile se réveille au printemps, le rotifère revient à la vie quand on lui rend l'humidité qu'il a perdue.

Ainsi, rien n'est plus facile que de suivre la vie dans ses manifestations les plus générales; mais dès qu'on veut remonter de là à la cause ou au principe dont elle dérive, les difficultés surgissent de toutes parts ; aussi n'est-il pas étonnant qu'on ait varié sur la nature hypothétique des forces vitales, sur leurs attributs, leur mode d'action, et que même on ait cru pouvoir nier leur existence. Alors comme il fallait les remplacer par d'autres on leur a substitué les forces physiques et chimiques; et cependant celles-ci ne pouvaient suffire à toutes les explications. Comment concevoir, par exemple, qu'une force de cette nature fasse penser, réfléchir, juger, vouloir, exécuter enfin toutes les opérations instinctives et intellectuelles des animaux? Comment même, sans parler d'un ordre de phénomènes si élevés, expliquer par elle ce qui se passe dans une infinité d'actions nerveuses? Ainsi, quand je veux porter mon bras vers ma poitrine, ma volonté commande aux muscles et précisément à ceux qui peuvent produire le mouvement dont j'ai l'idée ; elle le fait avec une promptitude étonnante, sans jamais se tromper. Quelle pourrait être la puissance physique ou chimique capable de donner cet ordre avec tant de rapidité, et de le faire exécuter avec tant de précision ?

Le physicien et le chimiste ne veulent pas entendre parler de force vitale; ces expressions sont pour eux vides de sens; la force vitale n'est, à leurs yeux, qu'un mythe, une véritable fiction. Mais qu'importe au physiologiste une pareille opinion? Est-ce que l'existence des forces qui régissent la matière inorganique est mieux connue que l'existence et la nature de celles dont dépendent les actions des corps organisés? Les termes d'*attraction*, d'*affinité*, sont-ils autre chose que des mots qui ont une signification assez précise parce qu'ils s'appliquent à des causes dont les effets sont faciles à étudier et d'une grande simplicité? Après tout, l'affinité n'est-elle pas une tendance d'un corps à se combiner avec un autre? On la regarde comme une force, mais elle n'est en réalité qu'un effet qui tient peut-être à l'état électrique différent des corps, d'où résulte une aptitude de certains d'entre eux à s'unir à d'autres. L'attraction n'est-elle pas aussi une *tendance* d'un corps pesant à tomber vers un centre. Quelle peut être la cause de ces tendances diverses? Qui le sait? Or, si on ne le sait pas, en quoi les sciences mathématiques ont-elles, quand il est question de *causes* ou de *forces*, plus de précision que les sciences physiologiques? Sans y regarder de bien près, il n'est pas difficile de voir qu'il n'y a entre elles, sous ce rapport, pas la moindre différence. En effet, d'une part, on a des phénomènes physiques rapportés à une cause spéciale inconnue, des phénomènes chimiques rattachés à une autre non moins inconnue; d'autre part, on a des phénomènes physiologiques que l'on fait dériver d'une cause différente et difficile à apprécier. On nomme la première attraction, la seconde affinité, la troisième force vitale. Qu'y a-t-il d'illogique dans ce raisonnement?

Si, passé cela, la science des êtres inorganiques est plus exacte, plus rigoureuse en apparence que la science des êtres vivants, c'est que la première n'étudie qu'un petit nombre de phénomènes simples, faciles à observer, à reproduire et à analyser; tandis que la seconde a dans son ressort un nombre presque infini de phénomènes très complexes résultant de l'intervention de plusieurs causes agissant à la fois, phénomènes qui ne peuvent être isolés les uns des autres tant leur liaison réciproque est intime, qui varient, suivant mille circonstances, chez le même animal, et qui, enfin, s'offrent avec des caractères nouveaux dans chaque être où l'on veut les apprécier. Là réside la raison des différences qui existent entre les deux sciences. Ces différences tiennent à la nature des choses, elles ne peuvent manquer d'exister, mais il n'en est point d'autres qui soient essentielles; car, dès l'instant qu'on passe des phénomènes à leur cause, c'est-à-dire de l'écorce au fond des choses, il y a de part et d'autre obscurité et incertitude.

Il est si vrai que la complexité des actions et la pluralité des causes qui les déterminent sont la source des grandes difficultés de l'étude des êtres organisés que, dans la nature, un phénomène physique très simple ne s'explique plus aisément dès qu'il provient de l'intervention de deux causes: tel, par exemple, le mouvement circulaire des corps célestes qu'on fait dériver de deux forces, l'une d'impulsion, qui leur aurait été communiquée dans le principe, et qui, par son action momentanée, tendait à les faire mouvoir en ligne droite; l'autre d'attraction dont l'action permanente tendrait à rapprocher la masse qui se meut d'une autre masse plus grande autour de laquelle la première décrit un cercle. Soit; on peut trouver dans la supposition de ces deux puissances l'explication rationnelle du mouvement circu-

laire ; mais, pour rendre l'explication satisfaisante, il a fallu imaginer une force qui a agi momentanément lorsque les astres se sont mis à décrire leurs orbites et qui aussitôt a cessé. Qu'est-elle devenue? Et puis j'ai de la peine à comprendre que cette impulsion une fois donnée, si forte qu'elle ait été, suffise pour faire décrire à un globe d'une masse énorme d'abord une révolution de plusieurs milliers de lieues, puis des milliers d'autres révolutions semblables, et cela pendant une succession indéfinie d'années. Et, cependant, après tout, qu'est-ce que le mouvement circulaire en comparaison du jeu du plus infime de nos organes ?

Bien qu'on ne puisse pas démontrer l'existence des forces vitales, il faut de toute nécessité les admettre pour expliquer, je ne dis pas tout, mais une grande partie de ce qui se passe chez les êtres vivants ; de même qu'on a imaginé l'attraction, la lumière, le calorique, les fluides électrique et magnétique pour rendre compte de la chute des graves, des phénomènes de la chaleur, etc. Admettre ces forces pour expliquer ce qui ne peut pas se rapporter à celles déjà connues, c'est être aussi logique et aussi rigoureux qu'il est possible de l'être dans les sciences mathématiques.

Comme tout est complexe dans l'activité des corps vivants, il est indispensable de commencer par bien étudier les phénomènes, reconnaître leurs caractères, déterminer les conditions dans lesquelles ils se produisent, préciser les lois de leur manifestation, puis rechercher les liaisons qu'ils ont entre eux, enfin essayer de les rattacher à leurs causes directes ou indirectes. Alors on verra ceux qui dépendent de l'attraction, ceux qui tiennent aux affinités chimiques ou qui se lient seulement aux forces vitales. Ce partage simplifiera déjà beaucoup la systématisation ; et quand il s'agira de phénomènes complexes résultant de l'intervention de plusieurs causes, on cherchera à faire la part de chacune d'elles ; cette fois encore la manière de procéder en physiologie sera rigoureuse.

En ayant soin de bien démêler les actions qui dépendent des forces physiques et chimiques de celles qui ne peuvent se rapporter qu'aux forces vitales, on évite un écueil contre lequel se sont heurtés les physiologistes anciens et beaucoup de modernes, à partir de Galien, qui s'engagea le premier dans cette voie malheureuse où se sont précipités tant d'autres. Il observait un phénomène, et aussitôt il le rattachait à une force qu'il imaginait afin d'avoir une explication : s'il considérait les pulsations artérielles, il les faisait dépendre d'une force *pulsifique* ; s'il voyait l'estomac retenir pendant un certain temps les aliments qu'il avait reçus, il attribuait ce résultat à une faculté *rétentive*, et lorsque ce même organe se débarrassait de son contenu, il disait que c'était en vertu d'une force *expultrice*, et de même pour tout le reste. Stahl devint à une époque assez récente l'antipode du médecin de Pergame : il rapporta tout à une seule puissance, mais intelligente et constamment active, qui se chargeait des plus minces détails, comme d'envoyer de la salive dans la bouche, quand elle le jugeait nécessaire.

Les physiologistes, qui ont multiplié les forces et les propriétés vitales, ont rendu un mauvais service à la science en faisant de l'économie vivante quelque chose d'analogue à l'Olympe de la Fable. Là, mille divinités sous les noms d'*archées*, de *forces* ou de *propriétés* vitales règnent et exercent chacune un empire plus ou moins indépendant de celui des autres. Quel inconvénient y a-t-il à réduire le

nombre de ces dieux? Jupiter ne peut-il pas à la fois lancer la foudre, dispenser la lumière et tenir lieu à lui seul de tous les autres? De même un principe unique ne peut-il pas présider au développement de l'animal, à son entretien, à la sensibilité et au mouvement, et enfin à toutes les fonctions? Si celui-là nous suffit, chassons de l'Olympe toutes les divinités inutiles.

Sans doute on peut objecter à cette manière de voir qu'il est difficile de rattacher rationnellement des effets très variés à une force unique, et qu'il n'est guère possible de déduire rigoureusement de celle-ci l'explication des phénomènes physiologiques, comme on déduit une foule d'explications de l'attraction et de l'affinité chimique. La liaison entre la cause et les effets nous échappe, et elle restera probablement toujours insaisissable.

Quoi qu'il en soit, on peut se représenter la vie comme le *résultat* d'une *force* inconnue qui ne se manifeste et ne produit ses effets que dans certaines conditions spéciales. Cette puissance supérieure agit dans une machine qu'elle s'est créée elle-même, dont elle a façonné et agencé tous les rouages, lesquels sont parfaitement disposés pour fonctionner avec ensemble; elle commande aux forces physiques et chimiques qui sont sous ses ordres; elle se les asservit comme des forces subalternes, des esclaves qui travaillent en silence dans un sens rigoureusement déterminé; elle coordonne leurs opérations, les harmonise avec les siennes propres, et produit ainsi par leur concours toute la succession si singulière, si admirable des phénomènes qui caractérisent l'existence des êtres organisés.

§ III. — De l'observation considérée comme moyen d'arriver à la connaissance des phénomènes de la vie.

Nous venons de voir ou plutôt de pressentir combien l'organisation animale est compliquée et combien son jeu est admirable. C'est à peine, cependant, si nous avons effleuré un si beau sujet. Il s'agit maintenant de savoir par quelles voies, par quels moyens on peut arriver à la connaissance du mécanisme des êtres vivants, à la détermination précise des phénomènes qui se passent en eux, à la découverte des conditions, des rapports, des lois et des causes de ces phénomènes. Ces moyens peuvent se rapporter à trois principaux, savoir :

1° L'*observation*, c'est-à-dire l'étude des phénomènes tels qu'ils se présentent, tels qu'ils se révèlent à nos sens, soit chez l'homme, soit chez les animaux.

2° L'*expérimentation*, ou l'étude des phénomènes artificiellement dégagés et isolés, du moins en partie, de ceux qui rendraient leur appréciation difficile, ou encore l'examen de certaines parties des fonctions dont tous les actes ne sont pas accessibles à la simple observation.

3° La *comparaison* des faits, la généralisation des résultats, l'induction, le calcul, l'hypothèse, pour lier les notions que nous donnent l'observation et l'expérience, systématiser leur ensemble et suppléer à ce qu'ils ne peuvent nous faire découvrir.

L'un ou l'autre de ces trois moyens ne peut à lui seul nous conduire à une connaissance parfaite des actions vitales. Par le premier, qui est le plus simple et qui s'offre tout d'abord à l'esprit, le physiologiste suit patiemment la nature dans ses opérations, cherche à démêler par quels artifices elle arrive à son but, recueille

avec soin tout ce qui se révèle aux sens, rassemble les faits qui doivent servir de base à l'édifice scientifique. Par le second, qui naît de l'insuffisance du premier, il veut aller plus avant dans la recherche d'un mécanisme qui ne s'est dévoilé qu'à demi, il s'efforce à découvrir ce qui reste caché et à trouver le mot de chaque énigme; il essaie, par mille expédients, à mettre en évidence les phénomènes obscurs, à les débrouiller, les isoler de leurs accessoires, et par là il ajoute aux faits déjà acquis des faits nouveaux qui, sans ce secours, fussent demeurés inconnus. Par le troisième, enfin, il s'empare de la moisson récoltée avec l'aide des précédents, classe les résultats obtenus, compare les faits, les apprécie, en détermine la signification, formule les conséquences qui en découlent, et si tout cela est insuffisant, imagine ou suppose le reste. Il faut donc qu'ils soient employés tous les trois chacun à sa place et en son temps, car chacun doit fournir son contingent de connaissances; il faut de plus qu'ils le soient avec art, suivant certaines règles et dans une certaine mesure qu'il importe de connaître.

L'observation, considérée en général, est, sans contredit, le plus simple de tous les moyens qu'il nous est possible d'employer pour arriver à la connaissance des choses susceptibles de tomber sous nos sens. C'est par elle que se trouvent rassemblés insensiblement les faits dont l'ensemble constitue, comme l'a dit Cuvier, l'édifice impérissable des sciences; c'est par elle aussi que se sont créées et développées les sciences dites d'observation; c'est elle qui a fait la gloire de la médecine hippocratique, et produit les praticiens habiles, les grands naturalistes de toutes les époques. Considérée seulement au point de vue de l'étude de l'organisme, elle devient la source la plus féconde des connaissances que peut acquérir le physiologiste; c'est aussi celle qui nous trompe le moins; elle serait la meilleure si elle pouvait tout nous apprendre. Il n'est pas un point de physiologie sur lequel elle ne jette quelques lumières, et il en est même beaucoup sur lesquels elle nous fait découvrir à peu près tout ce que nous pouvons savoir. Ainsi, ce que les naturalistes nous ont appris sur l'intelligence, les instincts, les mœurs, le caractère, les habitudes des animaux, vient d'une longue et patiente observation; la plus grande partie des notions que nous possédons sur la vision, l'olfaction et les autres sensations, sur l'histoire des phénomènes de la locomotion, l'analyse exacte de chaque allure, de la marche, du saut, du vol, de la natation, sont puisées à la même source. Enfin, il y a, dans chaque fonction, un certain nombre d'actes qui rentrent presque exclusivement dans son domaine: voyez les sensations de la faim et de la soif, la préhension des aliments, la mastication, les actes extérieurs de la rumination, les phénomènes mécaniques de la respiration et tant d'autres appartenant à la même catégorie.

Dès l'instant qu'il y a, dans toute fonction, un certain nombre d'actes saisissables, dont les caractères peuvent être exactement appréciés, on conçoit de quelle importance doit être pour la physiologie une observation rigoureuse et délicate qui, en déterminant le facies, la physionomie propre à chaque fonction dans l'état normal, donne un point de départ nécessaire à la *symptomatologie*, un terme de comparaison sans lequel il ne sera pas possible de distinguer nettement ce qui appartient à l'état sain de ce qui est le résultat de la maladie, même à son début. Cette vérité est trop incontestable pour avoir besoin d'une démonstration.

Lorsqu'on a entrevu l'importance des données que peut fournir l'observation, on sent la nécessité d'observer. Le physiologiste doit se plier à cette nécessité impérieuse, car il a sous les yeux un livre toujours ouvert, dont chaque page renferme, pour qui sait y lire, un précieux enseignement qu'il chercherait en vain à d'autres sources. Il faut qu'il observe sans cesse, soit pour saisir les analogies et les dissemblances des phénomènes qu'il étudie, soit pour reconnaître toutes les particularités intéressantes des fonctions chez les animaux, soit enfin pour rassembler les résultats des expériences qu'il entreprend. Ces dernières, si habilement conçues et dirigées qu'elles puissent être, ne donnent tous les enseignements qu'elles portent en elles qu'autant qu'elles sont suivies avec un soin extrême, sinon les observations sont inexactes ou incomplètes; elles ne conduisent qu'à des données insuffisantes, en partie fausses, et ne peuvent servir de base à des raisonnements sains et à des théories rigoureuses. Mais pour qu'il s'acquitte bien de cette tâche, il lui faut beaucoup de bonne volonté, de patience, de tact, de sagacité et de finesse, qualités qu'il s'efforcera d'acquérir s'il ne les possède pas naturellement. L'esprit d'observation est, du reste, pour ceux qui se livrent à l'étude de la médecine ou des sciences naturelles, la première condition du succès. Sans son secours, il paraît bien difficile de devenir jamais praticien habile, eût-on d'ailleurs toutes les connaissances que donnent les livres et les leçons des maîtres. Peut-on douter que ce qui a fait les grands médecins, les Fernel, les Sydenham, les Boerhaave et tant d'autres, ce furent bien moins les notions qu'ils puisaient dans les écrits de leurs devanciers que les profondes connaissances qu'ils savaient acquérir d'eux-mêmes? Ne sait-on pas que les anatomistes des derniers siècles et ceux de notre époque n'ont dû leurs belles découvertes qu'à des investigations directes, substituées à la vieille routine qui consistait à tout chercher dans Galien et ses commentateurs. N'est-il pas évident que c'est par la même méthode que les naturalistes ont porté si loin la zoologie et la botanique? Où en seraient ces sciences, si l'on s'était borné au rôle stérile de commenter Aristote, Théophraste, Gessner, Aldrovande, comme on le fit trop longtemps? Aussi quelle reconnaissance ne doit-on pas à ces hommes supérieurs, Tournefort, Linné, Réaumur, Buffon, Cuvier, etc., pour nous avoir montré quelles sublimes inspirations et quelles immenses richesses on peut trouver dans l'observation de la nature.

L'observateur ne doit rien négliger; il n'est aucune particularité, si minime qu'elle soit, qui mérite son dédain; il n'est rien qui doive paraître petit à ses yeux, car souvent les plus petites choses renferment de grandes révélations, et cela dans toutes les sciences. Ne sont-ce pas les oscillations d'une lampe qui ont conduit Galilée à la théorie du pendule? N'est-ce pas la chute d'une pomme qui fut pour Newton le point de départ de la découverte de l'attraction? La légèreté que semble acquérir le corps plongé dans l'eau ne donna-t-elle point à Archimède le moyen de découvrir si la couronne du tyran de Syracuse ne contenait pas un alliage impur? Que de choses ignorées seraient aujourd'hui connues et auraient une signification précise si l'on s'était donné la peine de les envisager dans tous leurs détails? Il y a, dans chaque science, une foule de points sur lesquels l'attention a besoin d'être appelée pour y apporter de la lumière, saisir des rapports jusqu'alors inaperçus, établir des rapprochements qu'on n'a même pas soupçonnés. Il n'y a peut-

être pas d'exemples d'investigations persévérantes qui n'aient conduit à quelque résultat. Et pour ne rappeler qu'un seul de ces exemples, je demande si quelqu'un aurait pu prévoir jusqu'à quel degré de précision l'auscultation et la percussion conduiraient le diagnostic des maladies du poumon et du cœur? Quelquefois, il est vrai, l'observation mène à des illusions, comme le système de Gall, et toutes les erreurs de la phrénologie le prouvent; mais c'est elle, encore, qui répare le mal qu'elle a pu faire.

Bien qu'en physiologie la plupart des faits principaux soient acquis, il reste encore assez de petites découvertes à faire, de détails à ajouter à ce qu'on sait déjà pour que les observateurs ne se laissent pas décourager. Le champ de cette science est immense, puisqu'il embrasse tout le règne animal; il est même déjà très étendu pour ceux qui circonscrivent leurs recherches aux seuls animaux domestiques dont les fonctions ont été si peu étudiées. On ne peut suivre une seule de ces dernières sans noter mille particularités inconnues et trouver à chaque instant de quoi rectifier des erreurs. Ainsi, on a cru, jusqu'ici, que la mastication des solipèdes ne s'effectue pas par des mouvements de mâchoires semblables à ce qu'ils sont chez les ruminants; il a suffi d'y regarder attentivement et de tenir compte de l'illusion produite par les lèvres pour voir qu'elle est la même dans les deux familles. On pense généralement que chez les herbivores cet acte s'opère à la fois sous les molaires droites et sous les molaires gauches; un examen même superficiel démontre que le broiement a lieu exclusivement tantôt sous les dents d'un côté, tantôt sous celles du côté opposé, et il nous donne de plus des moyens certains de reconnaître dans quel sens il a lieu. Cette mastication unilatérale est en soi une particularité bien minime, cependant elle coïncide avec un phénomène fort curieux de la sécrétion salivaire, c'est-à-dire une activité beaucoup plus considérable des glandes du côté sur lequel le broiement a lieu que celle des glandes opposées; à son tour cette inégalité dans la sécrétion de deux glandes paires, placées dans des conditions en apparence identiques, montre que l'action réflexe du cerveau à la suite de l'impression gustative se fait sentir plus vivement sur l'une que sur l'autre. On a pensé que, lors de la rumination, les matières alimentaires revenaient à la bouche sous forme de pelotes plus ou moins régulièrement arrondies; il suffit d'examiner ce qui se passe lors du renvoi de ces matières pour s'assurer que c'est une erreur. On entend alors très distinctement un bruit de liquide au moment où le bol passe dans la région cervicale de l'œsophage, et l'on entend, soit en appliquant l'oreille sur le cou, soit à distance, ce même liquide redescendre par plusieurs ondées successives dont le passage est, pour ainsi dire, visible par suite du mouvement qu'il communique à la peau. On n'en finirait pas si l'on voulait indiquer toutes les erreurs rectifiées et toutes les notions nouvelles acquises par l'observation.

C'est surtout en physiologie comparée que l'observateur trouve de nombreuses occasions d'exercer sa sagacité; c'est là que son attention doit être tenue toujours en éveil pour qu'il puisse suivre des fonctions dont les variations se multiplient à l'infini et des phénomènes dont les caractères changent d'une espèce à une autre espèce. Son rôle y devient fort difficile, parce qu'elle est moins connue que celle de l'homme, parce qu'elle comporte des faits plus nombreux, des détails plus variés que cette dernière, enfin parce qu'elle oblige à des comparaisons qui, pour être

justes, doivent reposer sur une connaissance exacte des fonctions. Mais si ce rôle a des difficultés, il ne manque pas d'attraits. « Pour le bien remplir, dit Cuvier (1), le physiologiste ne doit pas s'arrêter à ce que les phénomènes ont d'individuel ; il faut qu'il distingue surtout ce qui fait la condition générale et nécessaire de chacun d'eux, et pour cela il faut qu'il les examine dans toutes les modifications que peuvent y apporter leurs combinaisons avec d'autres phénomènes ; il faut aussi qu'il les débarrasse de tous les accessoires qui les voilent; en un mot, il faut qu'il ne se borne point à une seule espèce de corps vivants, mais qu'il les compare toutes et qu'il poursuive la vie et les phénomènes dont elle se compose dans tous les êtres qui en ont reçu quelque parcelle. Ce n'est qu'à ce prix qu'il peut espérer de soulever le voile mystérieux qui en couvre l'essence. » Il est évident qu'il ne peut entrer dans cette voie s'il ne possède des connaissances passablement étendues en histoire naturelle.

L'observateur qui suit attentivement les manifestations extérieures de la vie n'arrive à les comprendre qu'autant qu'il connaît l'organisation animale dans tous les détails de sa structure. Avant donc d'examiner la machine en mouvement, il a dû l'examiner en repos et privée de son moteur ; il en a considéré isolément tous les rouages et tous les ressorts. Par cette étude préalable, il s'est initié à la connaissance de beaucoup de phénomènes, et a pu entrevoir le jeu de plus d'un organe.

Par l'anatomie ou l'étude statique des êtres vivants, le physiologiste observe non plus les actions, mais leurs instruments ; non plus les phénomènes, mais les conditions matérielles de leur production ; il déchiffre les hiéroglyphes qui couvrent chaque page du livre, et s'efforce d'en trouver le sens. Les investigations de ce genre, si elles sont quelquefois presque stériles, le conduisent souvent à des résultats très satisfaisants. Ainsi, la configuration des surfaces articulaires et la disposition des ligaments fait connaître le jeu des articulations, le sens, l'étendue de leurs mouvements; la direction et les attaches des muscles suffisent pour préciser les usages de chacun de ces organes contractiles ; le mécanisme de l'œil, de l'oreille est dévoilé en grande partie par leur disposition et leur structure. Le simple examen de certains organes a appris quelle est leur fonction ; on a vu par là l'usage du cœur, des vaisseaux, du foie, de la vessie, des reins, etc. La découverte de certaines parties ou l'appréciation exacte de leur disposition a amené d'autres découvertes parfois très remarquables. Les valvules du cœur et des veines, par exemple, ont fait soupçonner à Harvey la circulation du sang ; leur direction a servi à démontrer dans quel sens elle s'effectue. Aselli, en même temps qu'il trouve les vaisseaux lactés, voit qu'ils sont chargés du transport du chyle ; Pecquet, en faisant voir qu'ils aboutissent à la citerne sous-lombaire et au canal thoracique, indique le cours général du chyle, et détruit l'erreur d'après laquelle on admettait que ce liquide était porté dans le foie ; Casserius, Stenon, Virsungus, en trouvant les canaux de la parotide, du pancréas, montrent le cours de la salive et du suc pancréatique.

La considération des dispositions anatomiques jette un grand jour sur le mécanisme de plusieurs fonctions. C'est presque par la configuration et la structure du

(1) *Anatomie comparée*, lettre à Mertrud, p. 15.

cœur qu'on arrive à connaître le jeu de cet organe ; c'est par la disposition des vaisseaux du fœtus qu'est dévoilé le mode de circulation pendant la vie intra-utérine. Ainsi, quand on voit que le sang de la mère apporté par la veine ombilicale se mêle au sang de la veine porte du fœtus, puis à celui de la veine cave postérieure, au moyen du canal veineux, qu'ensuite ce même sang se mêle une troisième fois avec celui des autres parties dans les oreillettes du cœur, et une quatrième fois dans l'aorte et l'artère pulmonaire par le canal artériel, on est convaincu de la réalité du mélange réitéré entre le sang apporté par la mère et celui qui appartient au fœtus, et dès lors on conçoit peu les disputes qui se sont élevées depuis Duverney et Méry sur la question de savoir comment se fait la circulation fœtale, et si les sangs se mêlent ou ne se mêlent pas. Bien d'autres particularités anatomiques ont une signification non moins précise. La structure de l'estomac n'explique-t-elle point pour tels animaux la possibilité de vomir, et pour d'autres l'impossibilité d'exécuter cet acte? La forme des dents, celle de l'articulation temporo-maxillaire, ne font-elles pas deviner le mode de mastication, et par le mode de mastication le régime, et par celui-ci les mœurs des animaux? L'épaisseur des parois du gésier, la couche cornée qui revêt sa muqueuse, les graviers que renferme sa cavité, tout cela n'indique-t-il point que cet estomac est un organe de trituration ?

Mais il ne faudrait pas attendre de l'anatomie l'explication de la nature intime de toutes les actions organiques. Il peut y avoir, comme le dit M. Bérard (1), il y a même un rapport entre la structure des organes et leurs fonctions ; seulement ce rapport échappe à l'observation : « il ne se voit pas. » Il est vrai que les recherches de l'anatomie micrographique, ou de ce qu'on appelle maintenant l'histologie, nous mènent un peu plus loin que ne le fait l'anatomie ordinaire. Le reproche que Bichat adressait de son temps au microscope serait ridicule aujourd'hui. Incontestablement les recherches de ce genre ont éclairé beaucoup le développement des tissus et des organes ; mais elles n'ont pas conduit à tous les résultats que l'on pouvait en espérer, elles ont eu même le grand inconvénient de faire négliger le côté philosophique de l'anatomie générale, celui sous lequel Bichat et ses rares imitateurs l'avaient envisagée ; il y a plus, elles ont jeté une grande confusion sur différents points qu'elles paraissaient être appelées à éclaircir. Ainsi, pour avoir donné trop d'importance à des accessoires qui en méritaient peu, elles ont embrouillé à un tel degré la texture des glandes, qu'il est fort difficile de s'en faire une idée claire sans recourir à un examen comparatif de ces organes dans la série animale.

Le physiologiste qui cherche dans l'étude de l'organisation les éléments d'une analyse profonde des actions vitales ne peut restreindre ses investigations à un petit nombre d'espèces ; il faut qu'il les étende, pour ainsi dire, à tous les types du règne animal, ou, en un mot, qu'il fasse de l'anatomie comparée ; le secours de celle-ci est un moyen indispensable pour faire de la physiologie savante et exacte. Haller, qui l'avait bien senti, n'a jamais manqué d'utiliser les travaux de Fabrice d'Aquapendente, de Severinus, de Perrault, de Duverney ; bien qu'alors l'anatomie comparative, qui était dans son enfance, ne pût encore rendre de très grands services. Aujourd'hui, après les belles créations de Cuvier, les travaux de Meckel,

(1) *Cours de physiologie*, t. I, p. 27.

de Carus, de Geoffroy-Saint-Hilaire, de Blainville, de MM. Duméril, Duvernoy, etc., elle ouvre une voie brillante d'avenir à la science moderne. Le jour qu'elle jette sur la physiologie tient principalement à ce qu'elle nous présente l'organisation animale sous un nombre presque infini de formes, depuis les plus élémentaires jusqu'aux plus compliquées; elle fait en quelque sorte l'analyse de cette organisation, nous montre les appareils et les organes isolés insensiblement de tous leurs accessoires. Ainsi, elle nous fait voir comment l'appareil digestif perd graduellement ses grandes dilatations, ses nombreux replis, ses glandes conglomérées, et arrive à l'état d'un simple sac n'ayant plus d'annexes glanduleux ni même de parois distinctes; — comment l'appareil respiratoire, qui résulte chez les animaux supérieurs de tant de parties destinées à faire pénétrer l'air, à l'expulser, à mettre en mouvement les parois du thorax, se réduit peu à peu à la forme d'une simple poche ou de quelques lamelles membraneuses, et enfin à rien quand la peau elle-même peut suffire à l'oxygénation du fluide nutritif; — comment l'appareil locomoteur, après avoir été composé d'un squelette articulé, d'un grand nombre de muscles et de tendons, arrive à n'être plus constitué que par quelques faisceaux insérés sous le tégument, et en dernier lieu par quelques fibres disséminées et perdues dans la substance du corps. De même elle nous fait voir de quelle manière la glande la plus complexe arrive à la forme la plus simple, comment le poumon, le cœur, le cerveau et tous les autres organes se réduisent à leurs formes élémentaires, et cela par un passage lent, gradué, insensible. Par cette simplification, cette réduction successive de l'organisme à ses parties essentielles, elle nous indique quelles sont ces dernières, et nous permet de mieux juger de l'action de chacune.

Par les enseignements que nous donne cette étude comparative, « la nature semble nous avoir préparé des moyens de suppléer à l'impossibilité de faire certaines expériences sur les corps vivants. Elle nous présente dans les différentes classes d'animaux presque toutes les combinaisons possibles d'organes; elle nous les montre réunis deux à deux, trois à trois, et dans toutes les proportions. Il n'en est, pour ainsi dire, aucun dont elle n'ait privé quelque classe ou quelque genre, et il suffit de bien examiner les effets produits par ces réunions, et ceux qui résultent de ces privations, pour en déduire des conclusions très vraisemblables sur la nature et l'usage de chaque organe et de chaque forme d'organe... Mais il n'est pas permis de borner ces recherches à quelques espèces : souvent une seule négligée recèle une exception qui détruit tout un système (1). »

En même temps que l'anatomie comparée montre au physiologiste dans quel ordre et suivant quelles lois les appareils et les organes se simplifient, elle lui indique la voie qu'il doit suivre pour découvrir de quelle manière les fonctions se dégagent insensiblement de leurs accessoires, et se réduisent enfin à ce qu'elles ont d'élémentaire et d'essentiel : une fois qu'elle l'a mis en regard de l'organe amené au dernier degré de simplicité, elle lui permet d'envisager la fonction toute nue, et par conséquent d'en mieux apprécier la nature. A cela pourtant ne se bornent pas ses services : si elle est nécessaire à la connaissance profonde de chaque fonction, elle l'est encore davantage quand il s'agit de la détermination des rapports qui

(1) *Anatomie comparée*, 2e édit., t. I, p. XVII.

existent entre les actions vitales, de la recherche des lois et des causes de ces dernières, et, en un mot, quand on poursuit la solution des grands problèmes de la science qui, suivant l'expression d'un grand naturaliste, « est la plus compliquée, la plus mystérieuse et la plus inintelligible de toutes les sciences. » Il est incontestable que la physiologie ne s'élèvera à de hautes conceptions et ne prendra une empreinte réellement philosophique qu'autant qu'elle étendra le cercle de ses investigations à tout le règne animal.

L'anatomie pathologique vient aussi en aide au physiologiste dans plusieurs circonstances ; les traces que la maladie a laissées sur son passage, les ravages qu'elle a produits, les troubles fonctionnels qui en ont été la conséquence, peuvent souvent nous fournir des données précieuses sur le rôle des organes. Les plaies de la tête avaient appris à Hippocrate l'action croisée du cerveau : il avait remarqué que dans les lésions de cet organe il y avait convulsion du côté blessé et paralysie du côté opposé à la blessure. Les lésions de la partie supérieure de la moelle ayant déterminé des paralysies du sentiment, celle de la partie inférieure des paralysies du mouvement, celle d'une partie latérale une hémiplégie, sont venues confirmer ce que l'expérience avait démontré sur l'action spéciale de chacune des parties de cet organe ; la destruction complète de l'épiglotte a prouvé que ce cartilage n'était pas rigoureusement indispensable à la déglutition ; l'induration, le ramollissement d'une vaste étendue du poumon ont montré qu'une fort petite partie de cet organe suffisait pour effectuer l'hématose ; l'oblitération de gros troncs vasculaires a mis en évidence l'usage des anastomoses, et ainsi pour bien d'autres altérations morbides. Il ne faudrait pas croire cependant que les lésions laissées par la maladie permettent des déductions toujours justes sur les fonctions des parties lésées ; très souvent, au contraire, elles ne conduisent qu'à des données fausses ou au moins très confuses : les exemples ne manquent pas pour le démontrer. Willis voit les corps striés ramollis chez des individus paralysés et privés de l'usage de leurs sens ; il en conclut que ces corps sont le siége du principe du sentiment et du mouvement. Lapeyronie observe qu'à la suite de profondes blessures qui amènent de graves lésions du corps calleux il y a torpeur, affaiblissement, perte des facultés intellectuelles ; il en infère que le corps calleux est le siége de l'âme. M. Magendie remarque que sur les chevaux immobiles il y a compression des corps striés, altération même à la surface de ces parties, par suite d'un épanchement de sérosité ventriculaire, et il considère ce fait comme une des preuves que les corps striés sont le siége d'une force qui porte les animaux à reculer, etc. Il est vrai de dire que dans bien des circonstances les inductions ne sont fausses que parce que les faits sont mal observés ; néanmoins elles peuvent l'être encore, quoique basées sur des observations exactes, aussi faut-il être extrêmement réservé sur ce point. En effet, de ce qu'un rein, par exemple, se sera transformé en kyste, sans qu'il en résulte des troubles notables, faudra-t-il conclure qu'un seul de ces organes suffit à la sécrétion de l'urine ? De ce que les ganglions du mésentère peuvent devenir tuberculeux, faut-il, avec Ruysch, les regarder comme n'étant pas indispensables ? De ce qu'un cœnure, une concrétion du plexus choroïde, une exostose à la face interne du crâne, n'amènent pas de paralysie, est-on en droit d'admettre que la compression ou la destruction partielle d'un hémisphère n'est pas susceptible de produire cette

paralysie ? Non, parce qu'une lésion ancienne, une altération lente, insensible, une dégénérescence qui a marché par degrés, n'ont pas le même effet qu'une lésion brusque. La fonction survit quelquefois, suivant la remarque de Morgagni, à l'altération profonde de l'organe chargé de l'exécuter. La nature s'habitue en quelque sorte à celle-ci, elle cherche par divers moyens à en neutraliser les conséquences : lorsque l'un des reins perd sa substance, l'autre s'hypertrophie ; lorsque les ganglions s'indurent, les vaisseaux qui passent à leur surface se dilatent sans doute, afin que le chyle puisse encore passer ; quand une exostose se développe à la face interne du crâne, un cœnure dans les hémisphères, la substance de ceux-ci se creuse, se résorbe, et la compression est évitée. Mais placez un corps étranger entre la méninge et les parois crâniennes, enlevez autant de substance cérébrale que le cœnure en aura fait disparaître, et vous verrez si les effets sont les mêmes que dans les circonstances précédentes. Du reste, il est certaines altérations dont l'influence, au point de vue physiologique, n'est pas précisée. Sait-on, par exemple, en quoi la sécrétion biliaire est modifiée dans le foie énorme de l'oie grasse, ou dans celui qui, plein d'échinocoques (comme on le voit quelquefois chez la vache), est devenu quatre ou cinq fois plus volumineux qu'il ne l'est à l'état normal ? Sait-on même si, dans ces circonstances, elle a subi quelques modifications.

Quant à l'étude des monstruosités, elle jette aussi quelques lumières sur la science de l'organisme en offrant au physiologiste, pour me servir des expressions de M. Geoffroy-Saint-Hilaire, « une série d'expériences toutes préparées par la nature, et où les causes d'erreurs qui viennent si souvent modifier les résultats des recherches zootomiques se trouvent presque toutes annulées (1). » Mais il faut encore bien de la circonspection dans les appréciations pour tirer des faits qu'elle donne les véritables conclusions qui en découlent.

§ IV. — De l'expérimentation.

Le physiologiste, qui observe la nature et qui la suit patiemment dans toutes ses opérations, ne parvient, après bien des efforts, qu'à saisir un petit nombre de phénomènes ; l'observation ne lui fait voir que l'écorce des choses, elle lui est bientôt insuffisante ; il faut qu'il pénètre dans leur profondeur : l'expérience vient alors à son secours. Tant qu'il s'en tient à la première, il épie, il attend patiemment et se contente des apparences. Dès qu'il emploie la seconde, il devient violent, audacieux ; il interroge, il scrute, il veut une explication à chaque mystère, un mot à chaque énigme, et c'est par la torture qu'il arrache les secrets que la nature voudrait lui cacher.

Muni de ces deux armes puissantes, il peut, tantôt marcher lentement, tantôt s'élancer par bonds dans le champ des investigations ; s'il sait s'en servir avec art, ce que l'une ne lui donnera pas, l'autre le lui fera conquérir. Chacune a sa destination spéciale et sa place marquée qu'il doit tout d'abord chercher à reconnaître. « L'observation en tout genre précède l'expérience, et la raison en est simple : c'est que l'observation est une expérience toute faite.

(1) *Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation*. Paris, 1836, t. III, p. 589.

» Mais, presque en tout genre, l'observation est insuffisante : elle est trop compliquée pour être comprise, trop bornée pour être féconde.

» L'expérience décompose l'observation, et en la décomposant la débrouille ; elle joint les faits isolés par les faits intermédiaires, et en les joignant les complète, et en les complétant les explique. En un mot, l'observation avait commencé, l'expérience achève. »

« Dans l'étude des phénomènes naturels il y a donc un temps pour l'observation, et il y en a un pour l'expérience. »

« On ne cherche d'abord qu'à constater les circonstances évidentes de ces phénomènes, l'observation suffit ; on veut pénétrer ensuite et la constitution intime et les ressorts cachés, c'est le tour de l'expérience (1). »

De ces deux modes d'investigation, le second est bien plus difficile et plus délicat que le premier : pour observer, il suffit d'avoir de la patience, du tact, et c'est déjà quelque chose ; pour expérimenter, il faut en outre cette sorte de génie qui imagine ou institue les expériences et trouve les moyens de les exécuter, cette habileté nécessaire pour les manipulations qu'elles réclament, enfin cet esprit de discernement qui démêle les effets de l'expérience d'avec ceux de l'opération, qui fait la part des causes d'erreurs, interprète les résultats et les apprécie à leur juste valeur.

L'idée d'interroger la nature par la voie des expériences n'est point sans doute une idée nouvelle ; elle dut s'offrir à l'esprit dès que l'homme essaya de se rendre compte de son activité et de celle des êtres qui lui ressemblent davantage. Les premières expériences furent peut-être celles du sacrificateur consultant les entrailles des victimes qu'il venait d'égorger ; mais elles ne furent réellement tentées dans un but scientifique que par ceux qui se livraient à l'étude de la médecine. Galien déjà sentit si bien leur utilité qu'il en imagina plusieurs, dont quelques unes sont très ingénieuses. Ainsi, pour savoir si les instincts ne tiennent point à l'habitude et à l'imitation, il tire deux chevreaux du ventre de leur mère et leur présente une poignée d'herbes dans laquelle se trouve du cytise, que les jeunes animaux distinguent bientôt du reste, et voit par là que l'instinct est une impulsion spontanée préexistant à la naissance. Pour connaître l'action que les nerfs récurrents ont sur le larynx qu'il suppose être l'organe de la voix, il en coupe un et voit celle-ci s'affaiblir, puis l'autre, et il la voit s'éteindre ; de même pour découvrir le rôle des nerfs phréniques et des nerfs intercostaux, il fait des opérations analogues.

Si la nécessité des expériences a été sentie dans tous les temps, c'est surtout depuis l'époque des belles découvertes de Galilée, de Newton et de leurs disciples, qu'elle a été généralement comprise. Les résultats auxquels cette méthode a conduit si rapidement les sciences physiques ont fait entrevoir ceux qu'elle pouvait donner dans les sciences physiologiques. Il est évident pour quiconque possède la moindre notion de ces dernières qu'elle est indispensable, non seulement à la connaissance des actes compliqués, mais encore à celle des phénomènes les plus simples. Veut-on, par exemple, déterminer les propriétés des tissus, voir si l'os, le muscle, le

(1) M. Flourens, *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, 2e édit. Paris, 1842, p. 248.

tendon, le cartilage sont ou ne sont pas sensibles, et, dans l'affirmative, quel est leur degré de sensibilité, on ne le peut sans expériences. — Veut-on savoir si tel nerf préside ou au sentiment ou au mouvement, quelle est la part d'influence de tel autre sur une fonction donnée, l'expérience seule peut le dire. — Veut-on connaître la nature des fluides sécrétés par chaque glande, apprécier leur quantité, leurs caractères, leur mode de sécrétion, comment y parviendra-t-on sans son secours? Et ainsi pour les fonctions d'une foule d'organes.

Il est vrai que des accidents, certaines maladies, quelques lésions pathologiques, quelques monstruosités, différentes opérations chirurgicales, peuvent nous donner plusieurs des notions qui s'acquièrent par les expériences; mais outre que ces circonstances constituent de véritables expériences toutes faites, elles sont rares et parfois difficiles à bien interpréter. — L'action croisée du cerveau était démontrée par les plaies de la tête, elle aurait pu l'être encore par le tournis du mouton, avant que les vivisections l'eussent prouvée. L'insensibilité de la substance des hémisphères, celle des os, des tendons, des cartilages, était connue par les amputations avant les nombreuses recherches de Haller et de son école. On connaissait le rhythme des battements du cœur, ou à peu près, par des accidents qui avaient mis cet organe à découvert, et des vices de conformation dans lesquels il se trouvait en dehors du thorax, avant qu'on eût mutilé, dans ce but, des animaux vivants, etc. Certains troubles, certains effets morbides avaient bien fait soupçonner plusieurs particularités qui, à la rigueur, auraient pu se passer de confirmation: les paralysies du sentiment, distinctes de celles du mouvement, les paralysies locales, celles de plusieurs parties qui reçoivent des divisions d'un même nerf, mettaient sur la voie d'une distinction des nerfs sensitifs d'avec les nerfs moteurs, et Galien l'avait établie; mais il fallait encore que l'expérience vînt prouver que ces distinctions étaient fondées.

Montrer les admirables découvertes que la science a faites et la précision qu'elle a acquise par le secours de l'expérimentation, c'est assez faire sentir l'immense utilité de celle-ci. Or est-il un seul point de physiologie sur lequel elle n'ait jeté quelque lumière?

On pensait autrefois que l'encéphale était le siége de l'intelligence, de la mémoire, de la volonté. C'était encore plus par instinct que par suite d'une sorte de démonstration donnée par des accidents ou des troubles morbides qu'on s'était formé cette croyance: il fallait en rester là. Mais l'art expérimental conduisit d'habiles physiologistes à prouver, de la manière la plus péremptoire, que cette croyance était fondée, que certaines parties (les hémisphères cérébraux) étaient bien les organes des facultés instinctives et intellectuelles; qu'une autre, le cervelet, était l'organe de la coordination des mouvements; que la moelle allongée était le principe des mouvements respiratoires, etc. On soupçonnait, on était même convaincu, depuis les temps les plus reculés, que tous les nerfs n'avaient point des propriétés et un rôle identiques. Charles Bell vint et fit voir qu'il y a dans la moelle épinière deux parties distinctes, dans le nerf deux espèces de fibres, un cordon médullaire pour la sensibilité, un autre pour la motricité; des fibres sensitives, des fibres motrices. On ne pouvait s'expliquer pourquoi certaines parties reçoivent plusieurs nerfs différents, et l'on vit, plus tard, que dans la langue, par exemple,

l'un d'eux donne aux muscles leur faculté contractile, tandis que l'autre donne à la muqueuse la sensibilité générale ou la sensibilité gustative, etc. : de même pour tous les autres nerfs.

Les anciens avaient beaucoup disserté sur la question de savoir en quoi consiste la digestion : les uns disaient que c'était une coction, d'autres une putréfaction, d'autres encore une macération ; leurs hypothèses et leurs disputes ne conduisirent à rien. Je me trompe, elles engagèrent les esprits sérieux à rechercher ce qu'il était impossible de deviner ; en un mot, elles provoquèrent d'ingénieuses tentatives. Réaumur et Spallanzani firent voir comment il y avait trituration chez quelques animaux, et, chez tous, dissolution des aliments dans un suc sécrété par les parois de l'estomac ; ils fondèrent, par là, la théorie de la digestion, en ouvrant de plus cette voie féconde et brillante où sont entrés, avec tant de succès, les physiologistes modernes.

On ne savait autrefois en quoi consistait la respiration, et on le cherchait en vain jusqu'au moment où Lavoisier établit qu'elle n'est autre chose qu'une véritable combustion, une combinaison de l'oxygène de l'air avec certains principes du sang, d'où résultent la formation d'acide carbonique, de vapeur d'eau et la production de la chaleur animale, etc. : alors se trouva expliqué un des plus profonds mystères de l'organisme.

Que savait-on sur la génération et le développement du fœtus, avant les expériences de Fabricius, de Harvey, de Haller, de Spallanzani? sur la reproduction des parties avant Trembley, Réaumur, Bonnet; sur les propriétés des tissus et l'action musculaire avant les travaux de l'école hallérienne; sur la rumination avant M. Flourens; sur le vomissement avant Bayle, Chirac, M. Magendie? Quelles notions précises possédait-on sur l'absorption, les diverses sécrétions, les actions nutritives, avant tous les ingénieux travaux de tant d'expérimentateurs? En voilà assez pour prouver que les expériences constituent le moyen le plus précieux qu'on puisse appliquer à l'étude des phénomènes de l'organisme.

Mais comment faut-il employer ce moyen puissant d'investigation? Dans quelles circonstances, avec quelles précautions, chez quels animaux? Ou, en d'autres termes, quels doivent être les principes et les règles de l'art expérimental? Question épineuse, s'il en fut, quoique résolue en partie implicitement par les grands travaux de la science moderne.

De même qu'on a fait des vers, bâti des palais, construit des machines avant de connaître les règles de la poésie, les principes de l'architecture, les lois de la mécanique (1), de même aussi, on a fait des expériences avant de se demander suivant quelles règles elles devaient être conçues et exécutées. Le génie du poëte, du mécanicien, du physiologiste, trouvait spontanément ces principes, ces règles, et agissait en conséquence. Plus tard, on essaya de les formuler, afin que les résultats heureux d'une foule de tentatives, de combinaisons préméditées ou dues au hasard servissent de guide et d'enseignement dans l'avenir.

Mais tous les arts ne reposent pas sur des principes également faciles à établir et à comprendre. Celui de l'expérimentation est peut-être celui qui offre le plus de

(1) M. Rainard, *Traité de pathologie générale vétérinaire*. Lyon, 1840.

difficultés sous ce rapport, parce qu'il s'applique à l'étude des phénomènes les plus complexes de la nature.

C'est un art difficile dans la conception, l'institution des expériences et dans leur exécution; cette dernière suppose des connaissances anatomiques exactes et l'habitude des manipulations. C'est un art délicat : pour bien faire une expérience, il faut trouver le moyen qui met le mieux en évidence et qui permet d'analyser avec la plus grande exactitude les fonctions que l'on étudie, tout en éloignant aussi peu que possible les animaux de leurs conditions normales, afin d'apprécier ces fonctions à leur juste valeur, démêler dans les résultats ce qui tient à l'essence du phénomène qu'on observe de ce qui provient des perturbations provoquées par les vivisections. Ce partage, cette distinction, exigent plus de tact qu'on ne pense et plus d'attention qu'on n'en met ordinairement à de simples observations; enfin c'est un art qui n'a pas de limites, car qui oserait dire où s'arrêteront les tentatives qui peuvent être faites, les moyens divers susceptibles d'être employés dans le but de découvrir le mécanisme des actions vitales ?

La perfection des moyens d'expérience et des expériences elles-mêmes est un but vers lequel doivent tendre constamment les efforts des physiologistes. Dans les sciences physiques et chimiques, les expériences se font avec une rigoureuse précision. S'il s'agit d'étudier la chute des corps, leur dilatation par le calorique, l'écoulement des liquides, la tension des gaz et des vapeurs, la pression de l'air, les effets de l'électricité, on y arrive avec une grande précision à l'aide de procédés simples, d'appareils particuliers. De même, quand il faut analyser une substance, produire des combinaisons, extraire des corps simples, tels qu'un métal, un gaz, des composés qu'ils concourent à former, on a un certain nombre de procédés exactement déterminés qui conduisent sûrement au but.

Il n'en est point ainsi en physiologie. Pour étudier un phénomène, on ne peut pas l'isoler complétement de ceux avec lesquels il a des rapports intimes, et ils sont tous tellement liés les uns aux autres, que l'un d'eux ne peut être modifié que les autres ne le soient aussi. Dès l'instant qu'une fonction est mise en dehors de ses conditions normales, elle change de caractère, et dès qu'elle cesse de s'exécuter, toutes les autres (si elle est un peu importante) éprouvent des perturbations plus ou moins profondes, et bientôt se suspendent. La possibilité d'isoler les phénomènes physiques et chimiques, et l'impossibilité d'arriver à ce résultat en ce qui concerne ceux de l'ordre physiologique, établissent une différence capitale entre le mode d'expérimentation qui s'applique aux premiers et celui qui convient aux seconds. La différence est si grande que l'on ne voit pas ce qu'il peut y avoir de commun entre les deux modes : il est donc superflu pour nous de chercher à imiter des procédés inapplicables aux recherches physiologiques.

En physiologie, le grand principe dans le choix des procédés est qu'ils soient si bien appropriés à leur objet, que les résultats de l'expérience portent en eux-mêmes leur interprétation et ne supportent pas la controverse. Ainsi, on fait la section des hypoglosses, et la langue est immédiatement paralysée tout en conservant la sensibilité et la faculté d'être impressionnée par les saveurs ; donc ces nerfs président aux mouvements de la langue. On enlève les hémisphères cérébraux, et aussitôt l'animal ne voit plus, n'entend plus, perd son intelligence, sa volonté, etc. Est-il

possible de douter que les hémisphères soient les organes de l'intelligence, de la perception et des sensations? On fait des ouvertures aux trois premiers estomacs des ruminants, et quand l'animal vient à manger, on sent les aliments arriver en grande partie dans la panse, et en petite quantité dans le réseau et feuillet. Reste-t-il alors quelque incertitude sur le lieu où se rendent les aliments lors de la première déglutition? Or n'est-il pas évident que la section pour les nerfs, l'ablation pour les hémisphères, les fistules gastriques, sont bien les moyens qui conduisent sûrement et sans contestation au but que l'on s'était proposé?

Une expérience ne sera donc bien faite et portée à la perfection qu'autant qu'elle donnera un résultat évident, parfaitement saisissable; qu'en un mot, elle parlera d'elle-même, pour me servir de l'expression d'un savant physiologiste (1). Pour cela bien des choses sont déjà faites; mais sur plusieurs points, le code de l'expérimentation a besoin d'être revisé.

Certaines expériences sont complexes de leur nature, lorsqu'elles s'appliquent à des fonctions importantes dont les perturbations réagissent sur presque toute l'économie. Portez l'instrument sur le cerveau, sur le cœur, et aussitôt surviennent des troubles généraux très graves desquels il faut dégager ce qui tient au résultat direct, immédiat de l'expérience. Il est des organes tellement délicats que les plus légères opérations pervertissent leur action et en changent les caractères; faites la moindre lésion à l'estomac ou à l'intestin, aussitôt la digestion est suspendue, et les sécrétions de ces viscères sont ralenties ou supprimées.

Que les expériences soient simples ou compliquées, il est nécessaire, pour qu'elles portent toute leur signification, et qu'elles puissent s'appliquer soit à l'homme, soit aux animaux supérieurs, que les sujets en soient bien choisis, et qu'elles soient modifiées, variées et répétées sur un grand nombre, avant qu'on cherche à généraliser leurs résultats.

Premièrement, il faut choisir les sujets. Ce point est d'une importance capitale qui ne paraît pas avoir été sentie de tous ceux qui s'occupent de vivisections : il n'est pas inutile de s'y arrêter un instant.

Tout d'abord il convient d'établir une distinction entre les expériences dont on ne veut pas tirer d'inductions générales, et celles tentées dans le but de donner des applications immédiates à la physiologie de l'homme ou des animaux supérieurs. Ainsi, veut-on étudier la génération, la respiration des poissons, des reptiles, il suffit de prendre parmi eux les types les plus ordinaires. Mais veut-on au contraire étudier les mêmes fonctions relativement à l'homme ou aux espèces domestiques, il faudra recourir non plus à des sujets ovipares à sang froid et à respiration aquatique ou incomplète, mais à des vivipares, à des animaux à respiration pulmonaire : cela est de toute évidence. Cependant on nous donne à tout instant, dans les livres, une expérience faite sur la grenouille, la salamandre, la tortue, comme si elle l'avait été sur un chien ou un cheval. Il est vrai que certaines fonctions peuvent être examinées presque indifféremment sur un grand nombre, telles que la sensibilité, la contraction musculaire et quelques autres. Mais la plupart n'étant pas dans ce cas, il est essentiel de rechercher ceux qui permettent d'en faire l'analyse la plus complète.

(1) M. Flourens, *Leçons orales*.

Ainsi je veux étudier la sécrétion biliaire. Prendrai-je indifféremment le cheval, le bœuf, le chien, le lapin ou le cochon d'Inde? Si je prends le cheval, je serai obligé d'ouvrir largement l'abdomen, d'effectuer des délabrements considérables, pour mettre à découvert le canal hépatique situé profondément et y fixer un appareil propre à recueillir la bile. Bientôt après, il se développera une violente péritonite, et la mort surviendra au bout de vingt-quatre ou quarante-huit heures; les résultats obtenus seront gravement modifiés par l'opération, et l'expérience ne sera pas suivie: mon but ne sera pas atteint. Je chercherai donc un animal dans de meilleures conditions: le chien et le porc, par exemple. Avec ceux-ci, il me suffira d'une petite incision aux parois abdominales pour arriver sur le conduit biliaire; le sujet sera peu malade, il pourra survivre et même se guérir. Le lapin et le cochon d'Inde ne me permettraient pas, en raison de leur taille, d'appliquer les appareils nécessaires.

De même, je veux étudier la sécrétion pancréatique. Il me faut encore choisir mes sujets, car ils ne peuvent point, à beaucoup près, me convenir tous au même degré. Chez les uns, le pancréas est très profondément situé et son canal peu accessible; chez les autres, l'organe est placé de manière à pouvoir en quelque sorte être saisi du premier coup, sans délabrement et à travers une toute petite plaie. Ces derniers animaux mangent immédiatement après l'opération, continuent à bien digérer, n'ont point de péritonite; l'appareil adapté au canal tombe après huit à dix jours, et la guérison est bientôt complète. Je prendrai donc le ruminant qui jouit de cet heureux privilége et le ruminant de grande taille, afin de mieux apprécier tous les caractères de la sécrétion et de bien saisir les plus légères variations qu'elle est susceptible d'éprouver.

Dois-je examiner l'action combinée de la bile et du fluide pancréatique, je n'irai point recueillir l'une et l'autre isolément pour les mêler ensuite dans des proportions que j'ignore; mais je chercherai un animal où les deux fluides se mêlent avant d'arriver dans l'intestin, je placerai une sonde dans le canal commun qui les charrie, et j'obtiendrai le mélange opéré par la nature elle-même dans les proportions qu'elle a déterminées. C'est le bélier qui me conviendra dans cette circonstance.

Dois-je expérimenter sur la sécrétion de la salive, je ne prendrai ni le chien ni les autres animaux carnassiers; ils sont de trop petite taille, leurs glandes salivaires sont très peu développées; les canaux de celles-ci sont si ténus qu'on peut à peine y fixer les tubes les plus fins, et ces tubes sont bien vite obstrués. Et puis ces animaux mangent très vite, salivent peu; ils ne conviennent nullement à l'étude minutieuse de la fonction. J'aurai donc recours à des espèces de grande taille, comme le bœuf et le cheval, dont les glandes énormes, la mastication lente et régulière, me permettront, à l'aide d'appareils fort simples, de recueillir de grandes quantités de salive et d'apprécier avec exactitude toutes les particularités de la sécrétion.

Ce que je fais pour la salive, la bile, le fluide pancréatique, il faut que je le fasse aussi pour le suc gastrique et le suc intestinal, etc.

Il y a donc, lorsqu'on veut analyser complétement une fonction, l'envisager sous tous les aspects, la suivre dans tous ses détails, nécessité de bien choisir ses

animaux, puisque tel convient à une série de recherches auxquelles tel autre ne peut s'appliquer. J'ai peine à comprendre la routine de certains expérimentateurs dont l'un n'a de victimes que le chien, l'autre le lapin ou le cochon d'Inde.

En second lieu, il y a nécessité non moins grande, lorsqu'on veut généraliser les résultats, de faire les mêmes expériences sur un grand nombre d'espèces différentes et aussi éloignées que possible les unes des autres. C'est encore là un point essentiel qui mérite, à un haut degré, de fixer notre attention.

S'agit-il de déterminer les phénomènes de la digestion, on conçoit qu'il ne sera pas indifférent de s'arrêter à un carnassier, à un herbivore ou à un omnivore, à un animal qui rumine ou à un autre qui ne rumine point; on conçoit de même qu'il ne le sera pas de prendre un mammifère, ou un oiseau, ou un reptile. L'un d'eux, quel qu'il soit, ne peut à lui seul donner les éléments de la généralisation; il les faut tous. Ce n'est qu'après avoir examiné la fonction dans ces différents types que l'on appréciera bien ses caractères et que l'on distinguera ses phénomènes communs de ceux qui sont accessoires et varient à l'infini. En adoptant la marche contraire, on arrivera à des données vraies, exactes dans l'espèce, mais n'étant pas l'expression de ce qui se passe dans toutes les circonstances: Réaumur, avec ses gallinacés, n'étudie qu'une forme de la digestion; il voit un gésier musculeux aplatir des tubes, broyer des substances très dures, et il en conclut que le phénomène essentiel de la fonction est une trituration. Ce n'est que quand il arrive à se servir d'un oiseau de proie qu'il voit les aliments se digérer sans broiement préalable et par l'unique intervention du suc gastrique: alors sa théorie se modifie, et il est forcé de considérer la dissolution comme suffisant à la digestion chez les animaux à estomac membraneux. Spallanzani, en prenant plus tard des types plus variés, montre clairement que la trituration n'est qu'un accessoire et que la dissolution des aliments dans le suc gastrique est la forme générale de la fonction dans tous les animaux.

Y a-t-il à étudier l'absorption dans l'estomac, par exemple ; on n'y parviendra qu'en prenant plusieurs types différents. Expérimenterait-on sur tous les carnassiers du monde, que la question ne serait point éclaircie ; car tous ces mammifères ont l'estomac construit d'après le même principe, tandis que les solipèdes, les ruminants et d'autres, l'ont construit d'après un principe et en vue d'une destination d'un autre genre : d'où résultent pour les premiers des conditions qui facilitent l'absorption, et pour les seconds des conditions qui y mettent obstacle. Mais on n'a pas songé à tout cela. Certains physiologistes, qui avaient vu l'absorption s'opérer après la section des nerfs vagues, soutenaient contre d'autres, qui ne l'avaient pas vue s'effectuer dans cette circonstance, que cette fonction était indépendante de l'influence nerveuse. La dispute durait depuis un quart de siècle, lorsqu'il fut démontré que la cause de la dissidence tenait à ce que les premiers avaient expérimenté sur le chien dont l'estomac absorbe, et les seconds sur le cheval dont l'estomac n'absorbe point sensiblement à l'état normal (1).

Faut-il rechercher les caractères d'une sécrétion, celle de la salive, par exemple,

(1) Voyez le mémoire de M. H. Bouley, lu à l'Académie de médecine, mai 1852 (*Bulletin de l'Académie de médecine*, t. XVII, p. 647 et 763).

eh bien, il est encore indispensable d'opérer sur plusieurs catégories d'animaux, car on se tromperait grossièrement si l'on croyait pouvoir appliquer à l'homme ce qui se passe chez le bœuf, et même au cheval ce qui se passe chez ce dernier. En effet, la fonction des glandes salivaires a dans les ruminants une physionomie et des caractères tout différents de ceux qu'elle a dans les solipèdes, et ceux qu'elle a dans les herbivores, elle ne les possède plus dans les carnassiers.

Il est donc nécessaire d'expérimenter sur différents types d'animaux pour arriver à des généralisations fondées, préciser les caractères constants et invariables d'une fonction, ainsi que ses caractères mobiles et accessoires. C'est parce qu'on méconnaît cette nécessité qu'il s'élève des disputes éternelles, des contestations sans fin entre les physiologistes sur la plupart des questions. Il n'en sera jamais autrement tant qu'on persévérera dans une voie si vicieuse, car on ne voit pas comment on peut tirer des inductions identiques d'un premier résultat obtenu sur le cheval, d'un second sur le chien, d'un troisième sur les grenouilles, etc., alors que ces résultats sont essentiellement dissemblables. Si, au contraire, on commence par bien déterminer ce qu'une fonction a de fixe et d'invariable, on verra que cela seul peut servir de base à une généralisation; le reste sera laissé de côté.

Il est des fonctions qui semblent faire exception à la règle précédente, du moins dans de certaines limites : ce sont celles qui ne se modifient pas d'une espèce à une autre espèce, d'un genre, d'un ordre à un autre genre ou à un autre ordre, ni même très sensiblement d'une classe à une classe voisine, les fonctions des centres nerveux par exemple. En effet, qu'importe pour trouver le rôle des hémisphères cérébraux, du cervelet ou de la moelle allongée, de prendre ou un carnassier, ou un solipède, ou un ruminant, ou un rongeur? mais quand il s'agit de la digestion, de diverses sécrétions, il en est autrement.

Ce n'est pas tout, pour l'expérimentateur, que d'avoir bien choisi les animaux qui lui permettent le mieux d'étudier une fonction, et de s'être astreint à faire ses tentatives sur beaucoup de types variés, afin de distinguer les traits communs de celle-ci, d'avec les traits particuliers dont les variantes sont si nombreuses; il n'a, après cela, accompli qu'une partie de sa tâche; il lui reste à répéter, à modifier et à varier ses expériences un assez grand nombre de fois pour qu'il soit sûr de l'invariabilité des résultats qu'il aura obtenus.

Ce nouveau précepte est encore d'une grande importance. Souvent la même expérience répétée vingt fois donne vingt résultats dissemblables, bien qu'on se soit placé dans des conditions en apparence identiques. L'âge des animaux, leur taille, leur constitution, leur force ou leur débilité, les complications qui surviennent, les accidents de l'opération, mille causes imprévues produisent ces variations qu'il faut distinguer de ce qui, dans les phénomènes, se reproduit toujours de la même manière. Il peut encore arriver que la même expérience donne des résultats contradictoires. En négligeant de répéter plusieurs fois les expériences, on s'expose à prendre l'exception pour la règle, l'accident pour le fait constant, l'accessoire pour le fait principal. Malheureusement c'est ce qui arrive trop souvent. Voilà pourquoi à tout instant on oppose un résultat à un autre résultat contradictoire. Lequel des deux est le vrai? Il faut tout recommencer pour le savoir, et quand on le sait, l'autre

reste encore. Les esprits qui aiment la controverse s'en servent pour embrouiller les choses les plus claires.

Ce n'est pas tout encore. Le physiologiste qui a été habile, consciencieux, exact, a contracté implicitement envers les autres l'obligation de simplifier, de perfectionner ses procédés, de manière que les résultats qu'il a acquis à la science puissent être reproduits facilement. S'il n'a pas le mérite de donner le moyen d'atteindre ce but, le premier qui essaiera de répéter ses tentatives ne réussira probablement pas, et dès lors surgiront de fâcheuses contestations.

Outre les expériences sur les animaux vivants, il en est qui peuvent être faites sur le cadavre, ou tout à fait en dehors de l'animal. Les expériences sur le cadavre sont peu nombreuses, et la plupart d'assez mince valeur. Déterminer les phénomènes de l'endosmose et de l'exosmose, le caractère des mouvements péristaltiques de l'intestin, le mode d'extinction de l'irritabilité musculaire, le degré de résistance du cardia, les propriétés physiques et chimiques des tissus, etc., tel est le rôle assez réduit du cadavre au point de vue expérimental.

Celles qui sont faites en dehors de l'être vivant ou mort sont aussi en très petit nombre; mais plusieurs tentatives très remarquables montrent qu'elles peuvent avoir leur utilité. Elles s'appliquent surtout à la recherche de l'action de certains liquides, la salive, la bile, le suc gastrique. Les digestions et les fécondations artificielles de Spallanzani sont des modèles en ce genre.

Quant aux avantages que la physiologie peut retirer de l'expérimentation, ils sont et depuis longtemps trop bien sentis pour qu'il soit nécessaire de chercher à les démontrer. Du reste, après les belles découvertes de Harvey, de Bichat, de Legallois, Ch. Bell, MM. Flourens, Magendie, qui oserait faire l'éloge des expériences ou seulement croire qu'elles en ont besoin !

Malheureusement un éternel reproche a été fait aux expérimentateurs. On a dit qu'ils furent toujours barbares : Celse est allé jusqu'à accuser Hérophile d'avoir disséqué vivants des criminels que lui abandonnaient les rois d'Égypte ; Aselli, après sa belle découverte, fut tenté de renouveler ce supplice ; mais il repoussa cette tendance, réfléchissant que ce serait un crime digne de mort que de sacrifier une victime humaine.

Il est bien vrai que les vivisections ont quelque chose de barbare ; mais sans elles le nombre des expériences serait fort restreint. L'homme peut en faire sur lui quelques unes : Sanctorius dans sa balance, Dodart qui jeûne pendant le carême, Spallanzani qui avale de petits tubes pleins d'aliments, Montègre se faisant vomir à volonté, Beaumont, Duphénix, étudiant la digestion et la sécrétion salivaire sur des individus porteurs de fistules à l'estomac ou au canal parotidien, Stark poussant le dévouement jusqu'à braver la mort en essayant les effets d'une alimentation insuffisante, d'autres enfin s'enfermant dans des étuves ou se recouvrant d'enduits imperméables, nous en offrent des exemples. Néanmoins celles-là ne mèneraient pas loin la physiologie, si l'on ne pouvait en faire d'autres sur les animaux. La nécessité de celles-ci pour éclairer la science et conduire à des applications utiles doit faire trouver grâce à l'expérimentateur aux yeux de ceux qui comprennent les méthodes scientifiques. Le physiologiste qui sacrifie un animal dans le but de s'instruire n'est-il pas plus excusable que le chasseur qui tue, comme le dit Legallois,

pour se repaître de leurs dépouilles, tant d'animaux inoffensifs, ou que le gastronome qui les mutile et leur donne des maladies mortelles afin de rendre leur chair plus délicate? Quoi qu'on en ait dit, les recherches expérimentales ne supposent point dans celui qui s'y livre un manque de sensibilité. Ce n'est pas par plaisir, mais c'est à regret qu'il torture de malheureuses victimes; il s'apitoie sur leurs souffrances, bien qu'il en soit la cause, et il les leur épargne souvent quand elles ne sont point indispensables. D'ailleurs, qu'on veuille bien se rappeler que les écoles d'Italie au XVIe siècle, du temps de Fallope et d'Eustache, allaient jusqu'à donner de l'opium aux animaux qu'elles tuaient pour les études anatomiques; qu'on se donne la peine de lire les réflexions touchantes de Haller et d'autres physiologistes sur les vivisections, et l'on restera convaincu qu'il y a moins d'inhumanité chez les expérimentateurs qu'il n'y en avait chez les nations où tant d'esclaves devenaient, au milieu des cirques, la proie de bêtes féroces, pour l'amusement des spectateurs.

§ V. — De la systématisation.

Lorsque le physiologiste est arrivé par la voie de l'observation et de l'expérience à rassembler les faits qui doivent servir de base à la science, sa tâche n'est pas encore achevée : beaucoup de faits, beaucoup de notions lui ont échappé, et les faits, les notions qu'il a pu acquérir ont besoin d'être interprétés, comparés et classés. Il ne peut arriver à ce résultat définitif sans un dernier moyen que j'appellerai la *systématisation*.

Sous cette dénomination, peut-être un peu vague, je comprends le raisonnement, la comparaison, l'induction, le calcul, l'hypothèse, à l'aide desquels on coordonne les faits, afin d'en tirer les conséquences qui en découlent, et d'en constituer la partie synthétique et dogmatique de la science. En physiologie, ces divers moyens sont très précieux quand on s'en sert dans de justes mesures. Seuls, ils font une science sans base et sans consistance, mais employés comme complément des matériaux et des résultats acquis, ils deviennent d'une grande utilité. C'est dans ce sens et à ce titre qu'il en sera question dans ce paragraphe.

Il y a dans toutes les sciences, ou du moins dans la plupart, un élément dogmatique d'après lequel sont formulés les principes, les lois, et tout ce qui constitue la philosophie scientifique. Ces principes, ces lois, cette philosophie basés sur les faits, résultent du raisonnement, de la comparaison; en un mot, de la systématisation.

On conçoit facilement que si la science ne peut se passer de ce dernier élément, elle ne peut se faire par lui seul. Galien, qui l'avait bien compris en créant la physiologie dans son fameux traité *De usu partium*, prend toujours l'observation pour point de départ de son raisonnement et ne les sépare jamais; il les compare aux membres servant à la marche, et qui doivent agir l'un après l'autre. De plus, il ne suffit pas qu'ils soient employés ensemble; ils doivent l'être de manière que l'observation précède toujours le raisonnement, afin que, suivant le précepte de Bacon, les inductions générales ne résultent que de l'expression des faits comparés et interprétés. C'est précisément parce qu'on a trop souvent débuté par le raisonnement et les suppositions *gratuites*, c'est-à-dire commencé par où il fallait finir,

que la physiologie s'est, à diverses époques, si étrangement fourvoyée ; c'est parce qu'on a voulu aller au fond des choses avant d'en connaître la superficie ; savoir le pourquoi et la cause première des phénomènes avant d'en avoir précisé les caractères, les conditions et les lois, que la science de l'organisme est devenue un affreux dédale de rêveries d'où la lumière des faits pouvait seule nous faire sortir ; et la même marche, si naturelle à l'esprit humain, a conduit les autres sciences à des résultats semblables. Les esprits supérieurs ont compris seuls qu'il fallait procéder autrement : Harvey, Haller, Bichat et tous les grands physiologistes, sont sortis du cercle vicieux dans lequel continuaient à se mouvoir ceux qui étaient incapables de s'élever au niveau de leurs conceptions.

Le secours du raisonnement est indispensable à l'interprétation des données fournies par l'observation et les expériences. La première constate un phénomène, en détermine toutes les particularités. Quelle est sa signification de celui-ci, quels sont ses rapports avec les autres ? Le raisonnement nous le dira. Les secondes mettent à grand'peine un résultat en évidence ; mais il faut le dégager de ses accessoires et le rapporter à sa véritable cause ; on n'y parviendra encore que par la même voie. Il ne faudrait pas croire cependant qu'avec un raisonnement basé sur les faits, et déduit avec les apparences de la logique la plus sévère, on arrivera à des conclusions toujours rigoureuses ; c'est chose si souple qu'il se prête à toutes les subtilités.

Les faux raisonnements ne sont pas rares dans les sciences aussi complexes que la physiologie ; ils tiennent à plusieurs causes. On commence à discuter sur le fait : est-il ou n'est-il pas ? l'a-t-on bien ou mal observé ? La discussion ne peut avoir d'autre objet sur ce point ; mais il y a là déjà matière à contradiction. On peut : 1° nier le fait ; 2° le dire mal observé ; 3° le regarder comme mal interprété ; 4° lui opposer d'autres faits sans valeur, vrais ou supposés, se rapportant ou non à celui qu'on examine. A l'aide de ces artifices employés avec art, il est facile, sur une infinité de questions, d'arriver à des conclusions contradictoires, de soutenir le pour ou le contre ; de telle sorte qu'il deviendra très difficile, surtout pour des esprits superficiels, de découvrir de quel côté est la vérité. Il faudra revenir à l'examen des faits, reprendre le fil des déductions pour retrouver la vérité travestie, et c'est une tâche dont tout le monde n'est pas disposé à s'acquitter.

L'histoire de la physiologie est pleine d'exemples de cette guerre acharnée que le faux raisonnement, le sophisme scientifique a constamment faite aux vérités, même les plus évidentes. Un des plus remarquables est celui de la lutte qu'Harvey eut à soutenir contre les adversaires de la circulation du sang. Cet homme illustre annonçait un phénomène patent, le mettait en évidence, le démontrait par des arguments sans réplique ; et cependant, en face de l'évidence, on trouva le moyen de *prouver* que le sang ne circulait point et ne pouvait circuler. Il fallut presque un demi-siècle pour convertir ce qu'il y avait d'hommes éclairés à l'époque. Mais telle est la suprématie du sens commun sur le sophisme que les plaisanteries de Molière firent plus, peut-être, en faveur d'Harvey, que n'avaient pu contre ce dernier l'esprit de Guy-Patin avec l'opposition de la Faculté et de tous les vieux docteurs.

La contradiction, ne fût-elle fondée que sur des subtilités et des arguties, a pour elle, au milieu de ses inconvénients, l'avantage d'obliger ceux qui signalent un fait

à le bien démontrer, ceux qui émettent une opinion à la bien motiver, ceux qui tirent des inductions à le faire avec rigueur. En physiologie, on ne saurait trop prouver, notamment les points obscurs et les découvertes qui ne s'accordent pas avec les idées reçues. Cependant il faut éviter de tomber dans l'exagération, car il est des choses qui perdent à être trop prouvées. Ceux qui veulent les contredire, ne trouvant pas en elles-mêmes matière à contestation, s'attaquent aux arguments dont on les a appuyées et savent en profiter s'ils n'ont pas une grande valeur ; enfin il est des vérités dont l'évidence est telle qu'elles n'ont besoin d'aucune démonstration. A ceux qui les nient on ne doit rien répondre.

Si le raisonnement, basé sur les faits, le seul qui soit acceptable dans toutes les circonstances, est encore sujet à l'erreur, à plus forte raison celui qui manque de ce fondement peut-il nous tromper. Aussi ne doit-on, en bonne logique, se servir de ce dernier qu'avec une extrême réserve. Le raisonnement *à priori* ne peut être sérieux qu'autant qu'il se fonde sur des faits acquis dont on semble faire abstraction afin de les donner ensuite comme preuve de son exactitude ; mais alors il résulte d'une véritable inversion dans les formes du langage, inversion sans importance réelle. Le raisonnement qui s'attaque aux faits exacts et bien observés pour arriver à des théories qui paraissent plus rationnelles et plus vraisemblables que celles qui ressortent des faits eux-mêmes est naturellement faux, absurde; il ne vaut pas la peine d'être combattu. Enfin, le raisonnement par hypothèse est trop dangereux pour mériter une grande place dans les sciences positives où il a fait tant de mal. Du reste, les bons esprits conviennent qu'une telle méthode ne peut conduire, seule, tout au plus qu'à des probabilités. Il faut l'abandonner, comme le disait Bichat (1), « dès que les expériences propres à lui servir de base nous manquent, » car la théorie seule est impuissante à rendre raison des moindres phénomènes (2), et les conceptions de l'esprit humain sont bien au-dessous de ce que la nature nous révèle quand on sait l'observer et l'interroger avec art.

Un second élément précieux de la systématisation, c'est la comparaison.

Les lumières qu'elle a jetées sur l'organisation animale et les services qu'elle a rendus en histoire naturelle auraient dû engager les physiologistes à la moins dédaigner, car elle peut être pour la science de la vie d'un immense secours. Si de très bonne heure elle a été appliquée à l'étude de l'anatomie, ce n'est pas seulement parce qu'elle y était très facile, mais c'est encore parce qu'on avait compris qu'elle deviendrait un moyen de découvrir et de bien apprécier la structure et le jeu des organes. Néanmoins elle n'a pas été employée, comme on pourrait le croire, par tous ceux qui se sont occupés de l'anatomie des animaux. Beaucoup ne paraissent pas en avoir eu le sentiment vrai qui se révèle déjà clairement dans l'œuvre d'Aristote ; ils se contentent de décrire les espèces les unes après les autres, sans établir de parallèles entre elles, sans rechercher en quoi elles se ressemblent et en quoi elles diffèrent. Or, sans cette double recherche des analogies et des dissemblances entre les choses, il n'y a pas de comparaison réelle. Quelques uns seulement, et Cuvier en particulier, prennent l'espèce la plus parfaite pour type, et indiquent les différences que chacune des autres espèces offre relativement à la

(1) *Anatomie générale.*
(2) Hales, préface de la *Statique des animaux.*

première. Comme toutes les dispositions qui ne diffèrent point se ressemblent, les similitudes résultent implicitement de l'énoncé des différences, et une fois que celles-ci sont données, il est superflu de parler des autres. De même en zoologie, en botanique, les espèces comprises dans un genre ont entre elles des caractères communs, des similitudes, et c'est pour cela qu'elles sont rassemblées dans la même catégorie ; mais elles ont des caractères différentiels, c'est pourquoi elles se trouvent ensuite distinguées et séparées les unes des autres.

Si donc c'est par la comparaison qu'on arrive à déterminer les analogies et les dissemblances qui existent entre l'organisation d'un animal et celle d'un autre, entre les caractères extérieurs d'une espèce et ceux d'une autre espèce, c'est encore par le même moyen qu'on pourra, en physiologie, voir en quoi la digestion du carnivore ressemble à celle de l'herbivore, et en quoi la première diffère de la seconde : ainsi pour la digestion du solipède comparée à celle du ruminant, pour la respiration du mammifère mise en parallèle avec celle de l'oiseau, du reptile ou du poisson, etc.

Si, d'autre part, c'est la comparaison qui a montré quelles étaient les parties essentielles des organes, des appareils, et les a distinguées des parties accessoires, qui a donné tous les éléments de classification en histoire naturelle et servi de base à la philosophie anatomique, pourquoi ne l'applique-t-on pas à l'étude de la physiologie ? Haller n'en donne-t-il pas le précepte et l'exemple, lorsqu'il cherche avec tant de soin à mettre en regard les fonctions de l'homme avec celles des animaux ? Non-seulement il regarde ce parallèle comme utile, mais encore il le croit indispensable. « Je reconnais chaque jour, dit-il, qu'on ne peut porter un jugement solide sur les fonctions des diverses parties du corps si on ne les a examinées dans l'homme, les divers quadrupèdes, les oiseaux, les poissons et souvent même les insectes. (1). » Où sont, à part quelques exceptions, les tentatives qui ont été faites depuis près d'un siècle que cette leçon a été donnée ?

On me répondra peut-être que la physiologie comparée n'a pas été négligée, puisque toutes les expériences ont été faites et le sont sur les animaux. Oui, mais ce n'est pas dans le but d'apprendre ce que les fonctions ont de particulier chez eux, c'est dans celui d'appliquer à l'homme, en les modifiant de mille manières, les résultats obtenus sur les brutes. Encore, dans ce cercle étroit, si l'on choisissait les animaux dont les fonctions se rapprochent le plus des nôtres ; si l'on prenait, par exemple, le porc, qui est omnivore quand il s'agit d'expérimenter sur la digestion, et non pas un animal qui se nourrit de fourrage comme le lapin, au moins alors on serait un peu plus logique. Galien, qui se moquait si finement des médecins de son temps (qu'il appelait des empiriques), aurait aujourd'hui de quoi se moquer de certains expérimentateurs qui font la physiologie de l'homme avec celle du lapin ou du cochon d'Inde.

Le calcul est un autre élément qui peut avoir une certaine utilité quand il est appliqué aux questions qui le comportent. Malheureusement il en est très peu qui s'y prêtent assez pour qu'il conduise à des résultats exacts. Les tentatives qui ont été faites à cet égard suffisent pour le prouver. Toute une série de mathématiciens

(1) Cité par M. Bérard, t. I, p. 30.

n'ont pu depuis des siècles nous dire exactement la force du cœur, la vitesse du sang, etc. C'est Borelli, le premier d'entre tous, qui calcule la plupart des forces, celles des muscles, de l'estomac et des autres viscères. Il arrive à évaluer la puissance du cœur à cent trente-cinq mille livres, puissance que plus tard Haller réduit à cinquante et une livres, Sauvages à quatre livres et demie, et Keil de cinq à huit onces seulement ; — c'est Haller qui porte la vitesse du fluide nerveux à neuf mille pieds par minute, Sauvages à trente-deux mille par seconde, un troisième à des centaines de millions de pieds dans ce même espace ; — c'est Keil qui trouve que le sang parcourt cinq mille deux cent trente-trois pieds dans une minute. Enfin, ce sont : Bellini, Pitcairne et d'autres, qui tentent des calculs analogues et arrivent à des chiffres qui étonnent par leur exagération et leur peu de concordance.

Aujourd'hui plusieurs de ces évaluations peuvent être reprises avec avantage, non pas qu'on sache mieux calculer maintenant qu'on ne le savait autrefois, mais parce que des recherches et des expériences exactes peuvent fournir des bases que ne possédaient point les anciens physiologistes. Les injections de certains sels dans le sang n'ont-elles point permis à Héring de déterminer avec une précision rigoureuse la vitesse du sang ? Un appareil ingénieux n'a-t-il pas suffi à M. Poiseuille pour reconnaître la force avec laquelle ce fluide est lancé dans les artères ? Les analyses chimiques ne donnent-elles point le moyen d'apprécier, comme on l'a fait, du reste, la quantité d'acide carbonique produit par la respiration, la quantité de carbone brûlé dans un temps déterminé ? De même n'arriverait-t-on pas très bien à savoir combien de fluides sont expulsés par les reins, la perspiration cutanée, dans une période de vingt-quatre heures? Ne serait-il pas facile encore de préciser la proportion de matières salines, azotées, aqueuses, que le foie, les glandes salivaires soustraient au fluide nutritif durant une période quelconque ? Tout cela est déjà fait en partie et peut l'être avec une satisfaisante exactitude. Le calcul fournira des résultats exacts quand l'observation, les expériences, les analyses chimiques, les recherches microscopiques lui présenteront des éléments rigoureux, c'est-à-dire une base. Que vienne quelque ingénieux calculateur comme Hales, et l'on verra bientôt si les chiffres ne mènent à rien la physiologie.

Enfin arrive l'hypothèse, qui à toutes les époques a tenu une large place dans le domaine de la physiologie. C'est par elle que celle-ci a débuté ainsi que la plupart des autres sciences ; mais, à mesure qu'elle s'est enrichie par l'observation et l'expérience, les faits ont resserré graduellement la sphère des hypothèses et se sont peu à peu substitués à ces dernières. Ils finiraient sans doute par les faire disparaître , s'il était possible d'arriver à une connaissance parfaite de tous les phénomènes de la vie.

Il n'est rien qui ait plus nui aux progrès de la science que cette arme dangereuse. Elle a fait surgir les systèmes les plus bizarres que l'on puisse inventer, systèmes qui se sont renversés les uns par les autres, et n'ont laissé que des ruines sur leur passage. Aujourd'hui encore , il est fort commun de voir des hommes s'abandonner à toutes les divagations d'une imagination sans frein, courir à la recherche d'inconnues qu'on ne peut trouver, amonceler théories extravagantes sur théories plus extravagantes encore, embrouiller ce qui est clair, remettre en question ce qui est déjà à demi démontré, faire perdre ainsi à la science son prestige et

lui donner l'apparence d'un roman aux yeux des esprits positifs. Heureusement tous les grands physiologistes ont fait la guerre à ces vaines tendances, qui ont trouvé déjà dans Haller un terrible adversaire. « Cet homme célèbre a non seulement, dit Cuvier (1), repoussé les hypothèses d'une manière générale, mais il s'est attaché à les analyser, à montrer par où elles pèchent, et à faire voir que ce n'est pas par la voie hypothétique que l'on peut parvenir à la vérité. » Les efforts persévérants de ceux qui ont suivi ses traces n'ont eu pour but que de détruire le vague des suppositions et d'y substituer le positif des faits, des lois et des principes.

Si l'hypothèse est en soi une méthode fort préjudiciable dans les sciences, elle peut, étant réduite à de certaines limites, devenir de quelque utilité. D'abord elle tient en l'absence de faits une place qui sans elle resterait vide, elle comble la lacune immense qui existe entre le connu et l'inconnu, forme, pour me servir de l'expression d'un habile physicien (2), « une sorte de crépuscule qui se répand des choses clairement connues et éclaire jusqu'aux confins de celles qui ne le sont pas encore. » L'exemple donné par Newton, par Lavoisier, nous prouve qu'elle peut servir étant appliquée aux forces ou aux causes premières des phénomènes physiques, et par là on doit penser qu'elle n'aurait pas moins d'utilité en physiologie, si elle pouvait s'y adapter avec rigueur ; car après tout, cette science n'est pas d'une précision telle, qu'elle soit obligée de s'affranchir d'une alliance que ne dédaignent point celles qui ont la prétention d'arriver au plus haut degré d'exactitude : il lui suffit d'éviter les extrêmes, en réduisant l'hypothèse à des proportions assez restreintes pour que celle-ci ne devienne pas nuisible. Là se trouve la grande difficulté qu'on n'a pas toujours su vaincre. Si je n'aime point la physiologie aussi abstraite qu'elle est dans Stahl, Barthez et certains vitalistes, je la trouve trop aride, trop nue, telle que l'exposent quelques savants de notre époque.

En somme, l'hypothèse est une méthode fausse tant qu'elle veut tenir lieu de choses positives, une méthode qui ne peut nous conduire à la vérité, et qu'il faut énergiquement repousser. Seulement, comme elle peut, dans de certaines limites, faire suite aux faits, et suppléer à ce qu'ils ne sauraient nous apprendre ou à ce qu'ils ne nous ont point encore appris, elle devient en quelque sorte l'appoint de ce que nous possédons, sans pouvoir jamais sur aucun sujet faire la somme de nos connaissances.

Aidée de ces divers éléments employés chacun à sa place et dans une juste mesure, la systématisation arrive à constituer la science dans son ensemble ; elle en établit la doctrine et les principes sur des bases inébranlables. Mais il ne faut pas qu'elle aille trop loin sur le terrain des explications, sinon elle rencontre bientôt un écueil contre lequel elle vient se briser. L'exemple de ceux qui se sont engagés dans la voie des théories nous prouvera tout à l'heure que les efforts tentés jusqu'ici pour arriver à la connaissance des causes premières des phénomènes n'ont abouti souvent qu'à enfanter des monstruosités et à montrer le vide d'une pareille philosophie.

(1) *Histoire des sciences naturelles*, t. IV, p. 202
(2) Hales, *Statique des animaux*, p. 15.

§ VI. — Des méthodes en physiologie, de la marche et des progrès de cette science.

Maintenant que nous avons passé en revue les divers moyens à l'aide desquels on arrive à la connaissance des phénomènes de la vie, il faut rechercher suivant quel ordre ou quelle méthode on s'en est servi, depuis l'origine de la physiologie jusqu'à nos jours. Par cette revue rétrospective, nous aurons l'occasion de signaler les principales époques de la science, les procédés nouveaux et les découvertes qui les caractérisent. Le passé ainsi reproduit à grands traits nous servira d'enseignement pour l'avenir, en nous montrant comment elle s'est enrichie, jusqu'à quel degré de perfection elle est arrivée, et par conséquent ce qui lui reste encore à acquérir.

En parcourant les écrits des anciens médecins et des premiers naturalistes, on voit que, de très bonne heure, on avait cherché à se rendre compte des actes qui s'accomplissent en dedans de nous-mêmes. Il n'est pas une page des ouvrages d'Hippocrate où cette tendance ne soit évidente ; presque partout le grand observateur essaie d'expliquer les phénomènes qui le frappent, mais ses tentatives ne reposant pas sur une connaissance assez exacte des faits, sur des notions même assez vagues de l'organisation animale, et n'étant pas d'ailleurs aidées par les lumières des sciences physiques, ne peuvent le conduire qu'à des théories plus ou moins imparfaites. Ce qu'il dit des actions vitales en général, et des fonctions en particulier, de la digestion qu'il regarde comme une coction, de la respiration qu'il croit destinée à rafraîchir le sang, de la chaleur animale qu'il suppose innée, des sécrétions, de la génération, des tempéraments, etc., se réduit à des idées vagues, à des hypothèses purement gratuites. Aristote (1) va plus loin : son immense génie, qui lui faisait embrasser l'ensemble des connaissances relatives aux êtres organisés, le conduit à des aperçus plus judicieux et à des appréciations plus exactes. Il considère la vie comme un principe ou une cause qui détermine l'activité des plantes et des animaux, ou qui les fait se nourrir, s'accroître, et enfin dépérir ; il définit l'animal, un être qui jouit de la faculté de sentir et de se mouvoir ; il distingue en lui une vie végétative et une vie sensitive, examine les conditions générales de l'existence et les principales fonctions de l'économie ; d'abord les sensations, en commençant par celle du toucher, qui lui paraît la plus générale, puis successivement les autres ; il étudie avec soin les instincts, les habitudes, les mœurs des animaux, leur manière de se nourrir, leurs migrations, leurs divers mouvements qu'il distingue en volontaires et en involontaires, leur reproduction dont il passe en revue les divers modes, les différences des sexes, l'influence de la castration. Il a quelques notions sur la digestion, la rumination ; il croit que toutes les parties ne s'assimilent pas les mêmes éléments ; il sait que la chaleur animale est plus élevée dans les espèces qui ont des poumons que dans les autres, mais il pense qu'elle a sa source dans le cœur, etc. Du reste, il se montre assez réservé en matière d'explications

(1) Voy. son *Histoire des animaux*, traduction de Camus ; son *Traité de l'âme*, traduction de Barthélemy Saint-Hilaire.

physiologiques. Sa marche est rationnelle : il débute par l'étude comparative de l'organisation, puis il a recours à l'observation ; ce n'est qu'après cette étude préalable qu'il cherche à expliquer ce qu'il a vu, à deviner ce qui ne tombe pas sous les sens, et ce qui ne ressort pas de l'examen anatomique.

Mais il faut arriver à Galien pour trouver un ensemble de connaissances physiologiques mieux compris et présenté sous un aspect réellement scientifique. Cet illustre médecin résume tout ce qui avait été fait avant lui. Il puise dans les écrits d'Aristote, d'Hippocrate, dans ceux d'Érophile, d'Hérasistrate, aujourd'hui perdus, et dans l'enseignement de l'école d'Alexandrie, de précieux matériaux dont il sait tirer un excellent parti. Hérasistrate et Érophile avaient acquis de nouvelles connaissances anatomiques sur les organes des sens et de la génération, sur les nerfs, qu'ils avaient distingués en ceux du sentiment et en ceux du mouvement, sur les vaisseaux, etc. Ils avaient vu la différence qui existe entre les artères et les veines, trouvé les vaisseaux lactés, constaté l'isochronisme des battements du cœur et des pulsations artérielles, et admis des forces particulières pour expliquer les sensations, les actions nutritives, la production de la chaleur animale. Galien rassemble tout cela, il perfectionne l'anatomie de l'homme, en s'occupant aussi, mais moins qu'Aristote, de celle des animaux. Son génie éminemment philosophique et généralisateur lui fait sentir toute l'importance d'une appréciation détaillée des actions organiques. Il observe, et de plus il imagine les expériences ; lui, le premier, comprend la nécessité de rechercher sur l'animal vivant ce qu'on n'a pu trouver par l'inspection du cadavre. Il crée la physiologie comme science distincte, dans son fameux traité *De usu partium*, que Cuvier regarde comme un des plus beaux ouvrages de l'antiquité. En commençant, il dit qu'il compose un hymne en l'honneur du Créateur, cherche à démontrer que tous les êtres vivants ont été formés par la même intelligence, et que leurs mœurs, leurs habitudes sont parfaitement appropriées à leur destination ; que les formes extérieures ne sont que la traduction des formes intérieures ; que, par exemple, de la forme et du nombre des os on peut conclure à la forme et au nombre des muscles (1) : les considérations dans lesquelles il entre à cet égard indiquent un esprit tout à fait supérieur. Il examine successivement le rôle de diverses parties de l'économie, et, pour l'éclaircir, il a recours à des dissections de divers quadrupèdes, oiseaux, reptiles et poissons ; il considère le cerveau comme l'organe des sensations ; voit que les nerfs sont des conducteurs du sentiment ou du mouvement ; regarde le foie comme l'organe de la sanguification ; remarque que les artères contiennent du sang de même que les veines, et sait que toutes les parties puisent leur nourriture dans ce fluide qu'il suppose animé d'un mouvement oscillatoire dans les vaisseaux ; il dit que l'absorption du chyle s'effectue dans l'intestin et même dans le cæcum ; il croit que le chyle est pompé par les veines mésaraïques, etc.

Par les expériences sur les animaux vivants, expériences sur l'utilité desquelles il insiste, il arrive à plusieurs découvertes fort remarquables. La section des nerfs récurrents le conduit à montrer qu'ils sont des nerfs moteurs, présidant à la phonation ; celle des nerfs phréniques, des intercostaux, lui apprend les usages de ces

(1) De Blainville, *Histoire des sciences de l'organisation.*

cordons; la persistance des mouvements du cœur, après que cet organe est séparé du corps, le conduit à établir qu'ils sont involontaires; l'enlèvement de quelques côtes avec leurs muscles intercostaux sans lésion de la plèvre lui montre le poumon remplissant complétement la cavité thoracique; il constate que les animaux à poumons respirent seuls l'air, tandis que les poissons, qui n'en ont point, sont privés de voix. Il tente d'autres expériences pour apprécier l'influence du cœur sur les battements de l'aorte, pour reconnaître la nature de l'instinct, etc. C'est donc un grand mérite de Galien d'avoir institué la méthode expérimentale, d'en avoir senti la nécessité et de l'avoir appliquée avec autant d'intelligence que d'habileté.

Par sa manière de systématiser, il se montre encore un esprit judicieux, du moins tant qu'il demeure dans de certaines limites, comme lorsqu'il fait voir que la configuration des parties est en harmonie avec leurs fonctions; mais lorsqu'il veut pénétrer l'essence des phénomènes, il fait fausse route en imaginant une infinité de forces qui n'expliquent rien : car on n'a rien dit quand on a avancé que l'estomac est doué d'une force attractive, d'une force rétentive, d'une force altérante; les artères d'une force pulsifique, etc. Toutefois on peut bien lui faire grâce pour ce travers, en raison de l'impulsion qu'il a donnée à la physiologie. Lui, le premier, l'a bien comprise, en a fait une science distincte, basée sur l'anatomie non seulement de l'homme, mais encore d'un grand nombre d'animaux; il a enfin réuni, le premier encore, l'observation à l'expérience et à la systématisation intelligente, en un mot tous les éléments de la science de la vie. Une conception à la fois si vaste et si vraie caractérise un esprit supérieur et marque la première époque de la physiologie.

Pour arriver à quelque chose de nouveau, à quelque progrès réel, il faut franchir d'un seul bond tout l'espace qui sépare l'antiquité du moyen âge. Galien résume la science de la première. Ses connaissances deviendront le point de départ de tous les efforts tentés par les travailleurs de la renaissance. D'abord on se contentera de commenter et d'expliquer, plus tard on sentira la nécessité de chercher dans la nature même ce qui est et ce qui n'est pas dans les écrits des anciens, et alors seulement commencera une nouvelle ère de découvertes dans laquelle bien des efforts seront tentés avant qu'on arrive à quelques résultats remarquables. C'est sur l'anatomie que l'attention est d'abord appelée. Au commencement du XIVe siècle, Mundinus, qui enseignait à Bologne, composa un livre qui fut longtemps suivi dans les écoles, et cependant il n'avait pu disséquer que trois cadavres. Il était alors prescrit à l'école de Salerne d'en disséquer au moins un chaque année. Ce livre n'a, dit-on, rien d'original. Au XVIe siècle apparaissent des hommes qui impriment à la science une impulsion puissante: Sylvius, Fallope, Eustache, Vésale. Ce dernier déclare la guerre à Galien en démontrant que ses descriptions ont été faites d'après le singe; il étudie avec ardeur dans les cimetières et jusque sous les fourches patibulaires les cadavres dont il a pu s'emparer. Son ouvrage opère une véritable révolution et marque nettement la scission entre la science antique de Galien et celle qui commence avec Vésale et ses contemporains. Mais alors on laisse la physiologie dans l'oubli. Servet découvre bien la circulation pulmonaire; Cœsalpin a une idée vague de la circulation générale; Realdus Colombus fait quelques expériences sur la respiration; Vésale lui-même essaie de ranimer les battements

du cœur en insufflant de l'air dans les poumons. A cela et à quelques découvertes isolées se bornent toutes les acquisitions de la science de la vie. Personne ne s'en occupe spécialement et n'a l'idée de reprendre l'œuvre renfermée dans le traité du célèbre médecin de Pergame.

A mesure que l'anatomie fait des progrès, le champ de la physiologie se prépare avec lenteur; quelques petites observations viennent insensiblement enrichir le peu qu'avaient laissé les anciens, et bientôt la grande découverte d'Harvey donne une nouvelle impulsion à la science.

Fabricius d'Aquapendente, qui jouissait d'une grande célébrité à Padoue, venait de découvrir les valvules des veines, qui déjà avaient été indiquées, si l'on en croit certains auteurs, par Jacques Dubois; il étudiait le développement de l'œuf et examinait les divers mouvements de l'homme et des animaux; en un mot, il ouvrait la voie qui conduisit plus tard à la découverte de la circulation, aux belles recherches de Harvey sur la génération, et au célèbre travail de Borelli sur la mécanique animale. Harvey, disciple de ce grand maître, féconda la découverte des valvules. Tenant compte de leur direction, de la disposition de celles du cœur et de l'origine des troncs artériels, il fut porté à faire quelques expériences très simples; il lia des artères et des veines, remarqua le point où elles se gonflaient, ouvrit les vaisseaux, fit attention au mode suivant lequel le sang s'en échappait, et arriva, en combinant tous ces faits, à démontrer que le sang circule (1); qu'il est chassé par le cœur dans les artères, d'où il passe dans les capillaires pour revenir par les veines à son point de départ, et qu'enfin il y a deux circulations, une petite pour le poumon, et une grande pour le reste du corps. Plus tard, Harvey publia ses recherches sur la génération, par lesquelles il montra que les animaux proviennent d'un œuf, suivit particulièrement le développement de ces œufs dans le poulet, et établit la théorie de l'épigénèse, dite depuis harvéienne. Ce grand physiologiste marque la seconde époque de la science, autant par ses propres travaux, par leur caractère expérimental, que par l'impulsion qu'ils donnèrent aux recherches des contemporains.

Pendant que Harvey démontrait le cours du sang et enseignait la méthode d'observation et d'expérience qui seule peut conduire à de grands résultats, Aselli retrouvait les vaisseaux lactés (2) du mésentère qu'Erasistrate avait déjà aperçus; il combattit alors l'opinion de Galien et de tous les anciens qui admettaient que le chyle était pompé et chassé par les veines mésaraïques, en faisant voir que ce chyle remplit les vaisseaux lactés pendant la digestion. Mais il ne vit point que ces vaisseaux aboutissaient au canal thoracique qu'Eustache avait trouvé longtemps auparavant, et crut qu'ils allaient porter ce fluide dans le foie où il laissa encore, d'après les anciens, le siége de la sanguification. Plus tard encore, Veslingius, Rudbeck, Bartholin, découvrent les vaisseaux lymphatiques des diverses parties du corps; Pecquet prouve que les chylifères aboutissent à la citerne sous-lombaire et versent leur contenu dans le canal thoracique qui, à son tour, l'apporte dans la veine sous-clavière gauche : ainsi se trouve connu un nouveau système vasculaire.

A partir de l'époque de Harvey, l'impulsion donnée à la science produit de nombreux travaux et surtout de nouveaux systèmes; les bons esprits persévèrent dans

(1) Sa découverte est enseignée en 1619, et publiée seulement en 1628.
(2) Sur le chien en 1622.

la voie laborieuse de l'observation et des expériences; les esprits exaltés, et même les hommes supérieurs qui ne sentent pas encore assez la nécessité des recherches positives, se lancent dans les théories. Il se forme alors des doctrines, des sectes dont la célébrité tient à celle de leurs auteurs et des disciples qu'ils ont faits. Ces systèmes sont fort nombreux, car on peut dire qu'à cette époque tous les hommes jouissant d'un peu de célébrité avaient le leur, mais ils peuvent au fond se rapporter à trois, savoir : 1° le système d'après lequel les actions vitales sont rapportées aux lois de la physique et de la mécanique ; 2° celui d'après lequel ces phénomènes sont rattachés aux actions chimiques; 3° enfin celui qui les fait dépendre de puissances inconnues, l'âme ou les forces vitales. Un mot sur chacun d'eux et sur leurs transformations successives.

Descartes vient après Harvey. Il cherche à ramener la physiologie aux lois de la mécanique. Il considère les animaux comme des machines. Toutes leurs actions, même celles de l'instinct, de l'intelligence, sont des actions automatiques. Il admet diverses sortes de matières, une subtile, une branchue, une cannelée, et, pour rendre compte des divers phénomènes, il conserve les esprits animaux inventés par les anciens ; il les fait provenir du mouvement et de la chaleur du sang, circuler dans les nerfs pour servir aux sensations et aux mouvements; il voit des filtres et des cribles dans les organes sécréteurs et partout des rouages qui jouent comme ceux d'une simple machine. Borelli, envisageant la science sous un point de vue analogue, s'occupe non pas de vagues idées sur la nature des forces et des mouvements, mais des moyens propres à mesurer ces forces et à bien apprécier leurs effets. Il entreprend une analyse rigoureuse et profonde de la mécanique animale, examine successivement tous les mouvements de l'homme et des animaux, détermine leur mécanisme, le rôle et la force des muscles, et calcule la puissance du cœur, celle de l'estmac, de l'intestin. Bellini, Pitcairne et autres continuent ses travaux. Ces derniers auteurs ne suivent Borelli que dans ses exagérations et n'ajoutent rien à son œuvre impérissable. Boerhaave, à son tour, voit dans les actions vitales des effets dépendant des causes physiques ; il croit que la chaleur, par exemple, tient aux frottements du sang sur les parois vasculaires; que l'air déplisse seulement les vaisseaux du poumon; que les produits de sécrétion passent par la filière des canaux successivement décroissants, etc.

En même temps que Descartes ouvrait la voie à la doctrine du mécanicisme, il préparait aussi celle du système des explications chimiques; car il y avait dans les systèmes de ce philosophe des idées empruntées aux anciens avec des idées nouvelles : il y avait dans ses théories un mélange d'explications mécaniques et d'explications chimiques, si l'on peut donner cette épithète à ce qui se rattachait à une science encore à peine ébauchée. F. Sylvius, qui commence à professer à Leyde en 1658, saisit ce côté des doctrines cartésiennes et envisage la physiologie sous un point de vue tout à fait nouveau. Son système, présenté avec habileté, jouit bientôt d'une immense réputation. Sylvius ne voit partout que fermentations, combinaisons, actions et réactions chimiques. Il suppose que les fluides de l'économie sont les uns acides, les autres alcalins. Pour lui, la digestion stomacale est une fermentation ; le fluide pancréatique acide, la bile alcaline, déterminent dans l'intestin une seconde fermentation de laquelle résulte la séparation du chyle d'avec les matières

non assimilables. Le sang du foie, devenu alcalin par son mélange avec la bile, en se réunissant à celui des autres parties que la lymphe a rendu acide, donne lieu, dans le cœur, à une troisième fermentation qui est la cause des mouvements de cet organe. Il place des ferments dans toutes les glandes, attribue aussi les maladies à l'acidité ou à l'alcalinité des humeurs, et imagine une thérapeutique en conséquence. Il n'y a là rien de bon, et cependant ce furent, plus tard, des idées analogues qui conduisirent à d'intéressantes découvertes.

Un troisième système est celui qui explique les actions vitales par des puissances occultes, soit par l'âme ou par des forces imaginaires. Les anciens avaient déjà admis une âme végétative et une âme sensitive pour rendre compte des phénomènes qui s'accomplissent chez les êtres organisés. Van Helmont laisse celles-ci de côté ; il suppose des archées ou puissances intelligentes, chargées, chacune, de faire exécuter une certaine fonction ; il place un de ces archées dans le foie, un autre dans les reins. Celui de l'estomac est le principal et tient tous les autres sous sa dépendance. Stahl, plus tard, revient à l'âme ; il la considère comme le principe de toutes les actions ; elle est pour lui la cause de toutes les sensations, de tous les mouvements ; elle préside à l'organisation des parties, à la nutrition et aux fonctions de chaque organe ; c'est elle qui gouverne la circulation, qui comprime et dilate le cœur, qui envoie à chaque partie les éléments qui lui conviennent, la salive dans la bouche, l'urine dans la vessie, etc. C'est elle qui, partout présente, partout active et intelligente, veille à la conservation du corps, lutte contre les causes morbifiques, cherche à rétablir la santé quand elle est altérée.

L'animisme de Stahl avait quelque chose de trop fantastique pour être admis sans modification. Sauvages, Lecat et autres l'eurent bientôt modifié. Il le fut si profondément, qu'il donna naissance au vitalisme. Stahl eut le mérite de conduire à ce résultat. « Il fut frappé, comme le dit Bichat (1), de la discordance des lois physiques avec les fonctions des animaux : c'était le premier pas pour la découverte des lois vitales ; il ne fit pas cette découverte. L'âme fut tout pour lui dans les phénomènes de la vie : c'était beaucoup de négliger l'attraction, l'impulsion, etc. Stahl sentit ce qui n'était pas vrai ; le vrai lui-même lui échappa. » Bordeu modifia encore cette doctrine ; il s'en moqua même en plusieurs endroits et substitua à l'intervention de l'âme la sensibilité propre à chaque organe. Enfin, Barthez, avec ses conceptions abstraites, vint nous plonger dans le vitalisme le plus outré.

Pendant que les systèmes se disputaient le champ de la physiologie, les observations et les expériences étaient un peu négligées ; néanmoins elles ne l'étaient pas complétement. Il fallait bien que les partisans d'une doctrine s'efforçassent de rassembler les faits qui pouvaient appuyer leurs idées ou combattre celles de leurs adversaires. En outre, il y avait des esprits qui tenaient peu aux systèmes et s'adonnaient aux recherches positives. Le concours de tous ces efforts différents conduisait insensiblement à quelque chose de mieux, et préparait le terrain de la science moderne. A partir de Harvey, bien des découvertes avaient été faites. Les chylifères et les lymphatiques étaient démontrés, ainsi que nous l'avons vu ; Willis faisait des expériences à l'appui des idées harvéiennes sur la circulation, étudiait le système

(1) *Anatomie générale*, Considérations générales, p. vj.

nerveux, essayait de localiser les facultés intellectuelles; Mayow assimilait la respiration à la combustion, et devançait d'un siècle les belles théories de Lavoisier; Virsungus trouvait le canal pancréatique; Sténon, Blasius, celui de la parotide; Wepfer démontrait l'erreur des anciens sur la prétendue communication des ventricules du cerveau avec les cavités nasales, et étudiait le mouvement des intestins; Bayle, Chirac, expérimentaient sur le vomissement; Perrault, Duverney, Méry, s'occupaient d'anatomie comparée, tentaient des recherches sur la rumination, la circulation du fœtus, etc.; Glisson essayait de déterminer les caractères de la contraction musculaire, les propriétés de la fibre des muscles, la structure du foie.

A la même époque, les recherches microscopiques viennent éclairer d'un jour jusqu'alors inconnu la structure des organes et les conditions des actions organiques. Malpighi entreprend ses beaux travaux sur la structure des glandes, le poumon, la rate et différents viscères; il suit minutieusement le développement du poulet, et continue l'œuvre commencée par Fabricius et Harvey; Ruysch, l'adversaire acharné de l'anatomiste italien, montre la structure vasculaire des tissus, découvre les valvules des lymphatiques; Leeuwenhoeck fait connaître les globules des fluides animaux, la structure des poils, des fibres musculaires; il trouve les infusoires qui vivent par myriades dans une goutte de liquide, les animalcules spermatiques, et révèle, pour me servir de l'expression de Cuvier, un règne tout entier au monde savant; il voit dans les parties transparentes de certains animaux le sang passer des artères dans les veines, et rend sensible la circulation que tant de médecins avaient contestée; Swammerdam recherche, avec le secours des instruments grossissants, les détails de la structure, du développement des insectes, et d'un grand nombre d'espèces infusoires; Redi tente des expériences sur le venin de la vipère, sur la génération des insectes, des vers intestinaux et combat les idées régnantes sur la génération spontanée; Astruc écrit un traité sur la digestion, dans lequel il repousse la trituration et revient aux idées de Sylvius; Peyer fait un beau travail sur la rumination et les glandes intestinales; Réaumur, de belles observations sur les mœurs des insectes et d'intéressantes expériences sur la digestion; Hales publie un traité expérimental d'hémostatique; de Graaf, Vallisnieri, Trembley, etc., se signalent par des recherches plus ou moins remarquables.

Tous ces travaux nous amènent vers le milieu du XVIIIe siècle. Le système chimique de Sylvius a disparu! Boerhaave l'a renversé pour y substituer le sien que l'animisme de Stahl commence à faire tomber en défaveur; ce dernier système est déjà plus ou moins défiguré par ses partisans. Un grand physiologiste va paraître au milieu de ces ruines, et sur ces matériaux précieux, mais épars et sans coordination, il fera justice des erreurs de son temps, rassemblera et fécondera les résultats des travaux antérieurs à lui; il marquera, en un mot, la troisième époque de l'histoire physiologique.

Haller s'était instruit aux leçons de Boerhaave, il avait vu l'incohérence des doctrines physiologiques enseignées jusqu'alors, senti le vague des démonstrations, la fausse impulsion communiquée à la science; il comprit qu'il y avait un avenir immense dans l'utilisation des découvertes anatomiques et dans l'emploi généralisé des méthodes qui avaient conduit Fabricius, Harvey, Réaumur, etc., à des résultats si beaux, mais isolés; il entreprit l'étude complète de la physiologie et essaya de la débarrasser de tous les vieux systèmes édifiés tour à tour sans grand profit pour

elle. Il embrassa l'ensemble de la science, ce qui n'avait guère été tenté depuis Galien, prit pour point de départ les connaissances anatomiques relatives non seulement à l'homme, mais encore aux brutes; tenta une infinité d'expériences sur les animaux vivants, principalement en vue de déterminer les propriétés, la sensibilité, l'irritabilité des tissus, le développement du fœtus, etc.; prit à tâche d'exposer les travaux accomplis jusqu'à lui, de les apprécier et de les commenter. Il fut leur historien fidèle, impartial, judicieux; son œuvre est le point de départ de toute la physiologie moderne.

Haller se distingue éminemment de ses devanciers; il n'a point de système à lui, et tous ceux qui en avaient eu étaient tombés; il est l'homme des faits, l'homme de l'observation et des expériences; il se montre, comme on l'a du reste très bien remarqué, l'ennemi des hypothèses. Il s'attache (1) « à faire voir que ce n'est pas par la voie hypothétique que l'on peut parvenir à la vérité; il donne lui-même l'exemple de la bonne méthode en n'admettant aucune conclusion physiologique sans l'avoir vérifiée par des observations patientes, suivies longtemps, répétées souvent, sous toutes les formes et de toutes les manières, afin d'éviter que l'erreur ne s'introduisît dans ses travaux. » Le caractère de ceux-ci révèle un esprit supérieur qui imprime à la physiologie cette impulsion féconde qui lui fit faire plus tard de si grands progrès.

Les *Elementa physiologiæ* résumaient la science de Haller et celle de son temps. C'était une œuvre immense, où il fallait puiser les inspirations des travaux ultérieurs; aussi c'est ce qui fut fait et c'est ce qui l'est encore aujourd'hui. Il devenait par elle facile à ceux qui voulaient étudier un point quelconque de savoir d'où il fallait partir. En même temps que Haller élevait un monument, d'autres savants travaillaient à éclairer quelques questions : Bonnet expérimentait sur la reproduction des parties divisées; Needham et Buffon observaient les animalcules spermatiques et bâtissaient des systèmes sur la génération; Spallanzani commençait cette série de belles expériences sur la génération, la digestion, la respiration, qui ont fait sa célébrité; Daubenton et Camper rassemblaient des matériaux anatomiques précieux, et un peu plus tard Vicq d'Azyr, Lavoisier, venaient apporter des idées et des découvertes qui préparèrent une nouvelle révolution.

Celle-ci ne devait pas se faire longtemps attendre. Les lumières que Daubenton, Camper, Pallas, Vicq d'Azyr, Hunter, venaient de jeter sur l'anatomie comparée; la belle création qui allait sortir des mains de Cuvier; la théorie de la respiration, les progrès de la chimie, la découverte de l'électricité galvanique, l'impulsion puissante donnée à toutes les branches des sciences naturelles, ne pouvaient manquer de hâter ce résultat.

Enfin Bichat vient, et avec lui commence cette quatrième époque préparée par tant d'heureuses circonstances. Ce grand génie sent que la physiologie a besoin d'une base solide; il la lui prépare par une anatomie des tissus et une étude minutieuse de leurs propriétés, qu'il distingue et caractérise nettement; il comprend toute l'importance des recherches expérimentales pour arriver à une connaissance exacte et approfondie des phénomènes; il les tente avec un art infini, les exécute avec habileté

(1) Cuvier, *Histoire des sciences naturelles*, t. IV (de l'école physiologique de Haller).

et en interprète les résultats avec une supériorité de vues très remarquable. Frappé de l'incohérence et de l'inanité des explications chimiques ou mécaniques qui avaient survécu jusqu'alors, et de l'insuffisance du vitalisme qui commençait à régner dans les écoles, il essaie de présenter des doctrines d'ensemble plus en rapport avec les tendances et les progrès de la science. Mais tout en se dégageant d'une voie encore semée de tant d'erreurs, il ne peut se contenir dans les limites que lui assignent ses belles découvertes; son imagination l'entraîne irrésistiblement vers des fictions. Il se séduit lui-même, et ce qu'il ne voit pas, il sait bien le créer pour le service de ses idées toujours ingénieuses, même lorsqu'elles paraissent sans fondement. Malgré les quelques imperfections des œuvres du grand physiologiste, celles-ci resteront au nombre des plus belles conceptions de son siècle.

Bichat venait de remettre en honneur l'art expérimental et de présenter des vues nouvelles sur la plupart des grandes questions physiologiques; mais il laissait inachevée la tâche dont il avait si bien mesuré l'étendue : cette tâche ne tarda pas à être continuée par Legallois, Ch. Bell, M. Magendie, M. Flourens, J. Muller et tous ces habiles expérimentateurs dont les noms ont acquis déjà une juste célébrité. Les travaux de ces savants donnent à la science d'aujourd'hui un caractère qu'elle était loin d'avoir au commencement de ce siècle; et il suffit de comparer l'esprit, les méthodes et les faits des ouvrages qui datent de vingt-cinq ans avec ceux des publications les plus récentes pour se convaincre de l'importance des progrès qu'elle a pu faire dans un si court espace; progrès facilités d'ailleurs par les perfectionnements incessants que reçoivent l'anatomie comparative, l'histoire naturelle, les sciences physiques et chimiques.

Pendant que de toutes parts l'attention se porte vers ces belles études, les hommes voués à la médecine des animaux semblent vouloir, seuls, rester étrangers au mouvement qui pousse à l'avancement de la physiologie, comme s'ils méconnaissaient l'utilité du rôle qu'ils ont à remplir.

Les institutions vétérinaires, qui remontent à l'époque de Haller, auraient pu, si l'impulsion eût été dirigée dans ce sens, contribuer pour beaucoup à l'extension de nos connaissances. Elles ne manquaient pas de travaux utiles, d'expériences intéressantes à faire, de questions spéciales à élucider, de points incertains à fixer; elles n'avaient pour ainsi dire qu'à choisir entre tant de sujets de recherches ceux qui pouvaient le plus directement conduire à des applications pratiques; malheureusement elles les ont presque tous laissés de côté pour mieux se renfermer dans l'humble cercle de leur spécialité. Cependant, de temps à autre, elles ont prouvé qu'elles comprenaient avec intelligence les sciences physiologiques; plusieurs productions remarquables sont là pour l'attester : ainsi les belles expériences de Flandrin sur l'absorption, celles de Dupuy sur les fonctions des nerfs vagues, les recherches de M. Lassaigne sur la digestion.

Telle a été la marche des sciences physiologiques depuis l'antiquité jusqu'à l'époque actuelle. Par l'aperçu historique qui vient d'en être donné, on a pu voir qu'elles n'ont reçu une impulsion féconde et fait de véritables progrès que par les recherches positives, c'est-à-dire par celles basées sur l'observation et les expériences, tandis qu'elles n'ont rien gagné à demeurer engagées dans la voie des hypothèses et des systèmes. En effet, la physiologie n'est sortie, pour ainsi dire, de

toutes pièces, des mains de Galien, que parce que cet esprit supérieur avait senti la nécessité de demander à l'observation et aux expériences des connaissances qui ne pouvaient dériver des théories et des vains systèmes, comme on en faisait déjà de son temps; elle n'a pris, après bien de siècles, un essor réel qu'à dater des travaux de Fabricius, d'Harvey, de Borelli, Duverney, Réaumur, Haller, Spallanzani, etc. Au contraire, elle n'a fait que s'égarer dans les fictions, tant qu'elle est restée entre les mains des Sylvius, des Van Helmont, des Stahl, des Barthez et autres esprits abstraits. Après une longue suite d'efforts, les faits sont restés; tout le reste s'est évanoui; la science a conservé précieusement le dépôt des connaissances exactes que léguaient les observateurs judicieux, les expérimentateurs habiles; mais elle a repoussé ces vaines conceptions, ces créations stériles qui seront, d'ailleurs, bientôt tombées dans l'oubli. Des deux voies qui s'ouvraient devant elle, elle a, enfin, préféré celle des faits à celle des théories. Il fallait qu'elle optât entre la première ou la seconde: dans l'une elle pouvait marcher avec la promptitude de l'éclair, sans espérer de sortir jamais du domaine des fictions; dans l'autre elle ne pouvait faire un pas sans effort, mais aussi jamais une tentative qui fût sans succès. Elle serait demeurée un affreux dédale de rêveries en suivant la première, elle accumulera d'immenses richesses en obéissant à l'heureuse impulsion de ceux qui ont adopté les méthodes des bons esprits dont nous avons rappelé les noms avec tant de plaisir.

Là s'arrêtent les considérations qui m'ont paru nécessaires pour donner une idée des développements successifs que la physiologie a acquis depuis les temps anciens jusqu'à nos jours. Réunies à celles qui sont relatives à l'organisation, à la vie et aux moyens d'arriver à la connaissance de cette dernière, elles complètent les préliminaires qu'il était convenable d'exposer avant d'arriver à l'examen spécial des différentes fonctions.

ÉNUMÉRATION ET CLASSIFICATION DES FONCTIONS.

L'activité propre à l'organisation animale se traduit, à toutes ses périodes et à tous ses degrés, par un certain nombre d'actes très différents les uns des autres, connus sous le nom de *fonctions*.

La fonction peut être définie : l'action spéciale d'un organe ou d'un appareil, action caractérisée par sa nature, son but et l'instrument chargé de l'effectuer.

En analysant sommairement l'activité des animaux, on voit qu'elle résulte de l'ensemble des fonctions suivantes :

La première, l'*innervation* domine et règle toutes les autres qu'elle tient sous sa dépendance. C'est elle qui préside aux sensations, aux mouvements, à la digestion, à la respiration, et, en général, à toutes les actions vitales : sans elle le muscle ne peut se contracter, l'estomac ne peut digérer, nul organe remplir son rôle; elle est en quelque sorte le principe ou le point de départ des phénomènes organiques; enfin, elle a, comme celles qui suivent, son instrument spécial qui est le système nerveux, son objet, ses caractères et ses lois qui sont susceptibles d'être déterminés avec une précision rigoureuse.

La deuxième est celle des *sensations*, au moyen desquelles l'animal est diversement impressionné par le monde extérieur. Par cette fonction il prend connaissance de tout ce qui l'entoure; il aperçoit les objets, apprécie leur forme, leur couleur, leur distance; par elle il est frappé des vibrations qui se produisent dans l'atmosphère, reconnaît les qualités de l'air et des aliments, juge de la configuration et de la température des corps, acquiert enfin toutes les notions possibles sur ce qui l'environne.

La troisième, ou la *locomotion*, complète les relations qui existent entre l'animal et le monde extérieur : par elle il se transporte d'un lieu dans un autre, va au-devant de ce qui lui plaît, fuit ce qui lui cause de la douleur, résiste aux attaques de ses ennemis, cherche sa proie, prend sa nourriture, se construit quelquefois des habitations, etc. Elle n'est qu'une conséquence nécessaire de la précédente.

Une quatrième, la *digestion*, est destinée à modifier des matériaux étrangers, introduits dans un appareil spécial, pour y être transformés en une substance qui doit reconstituer le sang, entretenir, réparer et accroître tous les organes.

Une cinquième, l'*absorption*, fait pénétrer dans certains canaux les matières qui peuvent servir au renouvellement du fluide nutritif, aux sécrétions et à la formation des tissus.

Une sixième, la *respiration*, met l'air et le fluide nutritif en rapport l'un avec l'autre, afin que, par suite de leur action réciproque, le sang soit revivifié, rendu apte à nourrir les organes et à leur communiquer l'excitation sans laquelle ils ne peuvent remplir les fonctions qui leur sont départies.

Une septième, la *circulation*, charrie le sang par tout le corps, le distribue, au moyen de nombreux vaisseaux, à tous les tissus, à tous les organes, dans la mesure qui convient à leurs besoins et à leur activité.

Par une huitième, la *nutrition*, le sang est employé à l'entretien des organes, à leur accroissement, à la réparation de leurs pertes; il se convertit en la substance même des tissus où il arrive : ici, en os; là, en muscle; plus loin, en cartilage, etc.; et, après avoir donné à chaque partie ce qui lui est nécessaire, il reprend, en échange, des matériaux usés qui recevront une autre destination.

Par une neuvième, les *sécrétions*, le fluide nutritif est travaillé dans les glandes qui le purifient, en lui enlevant ses éléments nuisibles ou superflus, et qui fabriquent avec certains de ses matériaux des produits très variés, devant servir à des usages spéciaux.

Par une dixième enfin, la *génération*, l'animal, parvenu à son complet développement comme individu, forme, aux dépens de sa propre substance, d'autres individus semblables à lui, destinés à renouveler et à perpétuer son espèce.

Chacune de ces fonctions n'est point un acte simple, mais un ensemble d'actes secondaires concourant tous au même but. Ainsi la digestion résulte d'un premier acte pour la préhension des aliments, d'un autre pour leur division, d'un troisième pour leur transport de la bouche dans l'estomac, etc. De même, la respiration, la locomotion en comprennent une série plus ou moins nombreuse. Quelquefois certains de ces actes, en raison de leur caractère et de leur importance, ont été considérés comme des fonctions distinctes; quelquefois aussi des fonctions complexes et exécutées par plusieurs organes ont été fractionnées, et leurs fractions prises

pour autant de fonctions spéciales. De là sont nées de grandes dissidences entre les physiologistes : Vicq d'Azyr, par exemple, faisait de l'*ossification*, qui n'est qu'une forme de la nutrition, une fonction particulière ; Cuvier plaçait au même rang la *transpiration ;* Chaussier, l'*expression ;* Richerand, la *voix ;* Bichat, l'*exhalation* et la *calorification*, bien que la transpiration, l'exhalation ne soient que des sécrétions ; l'ossification, une variété de l'assimilation ; la voix et l'expression des résultats combinés de la locomotion ; et la calorification, un effet des actions chimiques ou des changements d'état qui s'opèrent soit dans le poumon, soit dans les autres parties de l'organisme.

Les diverses fonctions qui viennent d'être énumérées ne sont pas isolées et indépendantes les unes des autres ; elles sont, au contraire, liées entre elles et mêlées si intimement, qu'il est difficile de les séparer en catégories distinctes pour les classer méthodiquement, et cependant, depuis longtemps, on a tenté cette classification.

Galien et, après lui, la plupart des anciens physiologistes en ont reconnu trois groupes, savoir : les fonctions *vitales*, les fonctions *naturelles* et les fonctions *animales.* Les premières, l'innervation, la respiration et la circulation, sont immédiatement nécessaires à la vie : leur cessation l'anéantit sur-le-champ ; les secondes, telles que la digestion, les sécrétions, concourent à l'entretien et à l'accroissement de l'individu ; les troisièmes, la locomotion et les sensations, sont propres à l'animal, et servent à établir ses relations avec les êtres qui l'entourent. Cette distinction, en partie rationnelle, manque évidemment d'exactitude et n'est pas susceptible d'être appliquée à la généralité des animaux.

Bichat (1), partant de considérations philosophiques plus vraies et plus en rapport avec la science moderne, les distribue en deux grandes classes, comme Aristote l'avait déjà fait assez explicitement : l'une, renfermant les fonctions qui ont trait à la vie de l'individu ; l'autre, celles qui sont relatives à la vie de l'espèce. Prenant ensuite la première de ces classes, il voit qu'elle comprend, d'une part, des actions propres à l'animal et destinées à le mettre en rapport avec le monde extérieur ; d'autre part, des actions préposées à la composition et à la conservation des parties : il désigne les premières sous le nom de fonctions de la vie animale, et les secondes sous celui de fonctions de la vie organique ; enfin il subdivise la seconde classe, celle relative à l'espèce, en plusieurs ordres. Mais, ici, il perd de vue la distinction précédente qu'il avait développée avec tant de complaisance, et ne semble pas remarquer que dans les fonctions génératrices il y a des actions dépendant de la vie animale, et d'autres de la vie organique ; ou, s'il reconnaît cette séparation, il la néglige pour en donner une autre qui n'a rien de commun avec cette dernière. Il fractionne sa seconde classe en trois ordres : l'un comprenant les fonctions du mâle ; l'autre celles de la femelle, et le troisième les fonctions résultant de l'union des deux sexes.

Une classification si habilement conçue devait avoir du succès, et elle n'en a pas manqué : beaucoup de physiologistes l'ont adoptée tout entière ou avec quelques légères modifications de détail ; cependant elle n'est pas à l'abri de toute critique. On pourrait lui reprocher d'établir une scission trop tranchée entre les actions de la

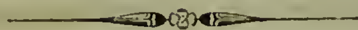
(1) Voyez son *Anatomie générale.* Paris, 1830, t. I, p. xciv ; ses *Recherches sur la vie et la mort*, 1805, p. 2.

vie animale et celles de la vie organique ; car il est évident que les fonctions les plus essentiellement organiques, comme la digestion, la respiration, comprennent des actes qui, par leur nature, se rattachent à la vie animale. Ainsi il y a, pour la première, des sensations qui provoquent à la préhension des matières alimentaires, et qui déterminent dans quelle mesure elle doit avoir lieu ; des mouvements qui opèrent la division de ces matières et leur transport jusque dans les parties profondes de l'appareil digestif. Pour la respiration il y a également des sensations et des actions mécaniques compliquées, par le moyen desquelles l'air est amené dans le poumon et expulsé de cet organe, dès qu'il y a rempli son office. Il en est à peu près de même pour beaucoup d'autres. Les fonctions de l'espèce, qui sont bien distinctes par leur but, ne peuvent, quant à leur nature, former une catégorie spéciale, puisqu'elles ont pour éléments des sécrétions, des excrétions, des actes sensitifs et locomoteurs, c'est-à-dire des actions de la vie animale et de la vie organique qui ne se distinguent en définitive que par le résultat qu'elles doivent produire. Mais ces imperfections n'ôtent point à la classification de Bichat le mérite qu'on lui a reconnu ; elles sont inhérentes à toute classification de ce genre, quelle qu'elle puisse être, à cause de la filiation des actions vitales, de leur enchaînement et de leur association, qui ne permettent point de les partager en catégories tout à fait distinctes et indépendantes les unes des autres.

Une troisième classification, renfermée implicitement dans la précédente, me paraît beaucoup plus simple et plus convenable ; c'est celle qui divise les fonctions en trois grandes sections : fonctions de *relation*, fonctions de *nutrition* et fonctions de *reproduction*. Elle distribue ainsi en trois groupes bien distincts les actes qui concourent aux trois résultats résumant toute la vie de l'animal : se mettre en rapport avec le monde extérieur, se nourrir et se reproduire. Sans doute elle n'est pas exempte de plusieurs des inconvénients de celle de Bichat ; néanmoins nous l'adopterons à cause de sa simplicité, et parce qu'elle suffit à une exposition méthodique des diverses parties de la physiologie.

LIVRE PREMIER.

DES FONCTIONS DU SYSTÈME NERVEUX.



CHAPITRE PREMIER.

DU SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL ET DE L'ENSEMBLE DE SES FONCTIONS.

Les diverses fonctions de l'organisme ne s'enchaînent les unes aux autres, ne se mettent en harmonie entre elles et ne s'effectuent que par suite d'une action régulatrice qui les domine et les tient, relativement à elle, dans une dépendance intime. Cette action, qu'on appelle l'*innervation*, résulte de l'activité spéciale du système nerveux.

Ce système, qui paraît exister, au moins à l'état rudimentaire, chez tous les animaux sans exception, revêt des formes très variées avant de se présenter sous l'aspect qui le caractérise dans les animaux supérieurs. Il n'est pas distinct chez les plus simples; néanmoins il y existe à l'état de globules et de filaments disséminés au milieu de la trame homogène dont se composent toutes les parties. Là il n'a ni ganglions, ni filets bien distincts, ni centre, ni partie périphérique ; il est amorphe. Son influence est, alors probablement confuse, sensiblement uniforme et privée des particularités si remarquables qui caractérisent celle du système nerveux des vertébrés.

Sa première forme caractérisée se montre dans les radiaires : c'est celle d'une couronne qui entoure la bouche et l'origine de l'œsophage. Cette couronne porte, dans les astéries, autant de renflements qu'il y a de rayons, et de chacun de ces rayons naît un petit filet qui va se distribuer dans la partie correspondante. A ce degré rien n'éveille encore l'idée d'un centre, c'est-à-dire d'un cerveau ou d'une moelle épinière.

Sa seconde forme est celle qu'on observe dans les mollusques. Il se compose, chez ces invertébrés, d'un anneau ou collier qui traverse l'œsophage et dont la partie supérieure est renflée en une ou plusieurs masses analogues à l'encéphale. De ce collier et de ses renflements cérébroïdes partent différents nerfs, pourvus de ganglions plus ou moins réguliers ; les uns se rendent aux organes des sens, les autres aux muscles, et les plus longs, placés en dessous et sur les côtés du canal digestif, vont se distribuer aux viscères. Ce système manque de moelle épinière, n'a pas de symétrie parfaite, et ne se trouve point, suivant la remarque de M. Müller, divisé en segments, comme celui des articulés. Du reste, il offre une grande diversité dans sa complication, depuis les céphalopodes, qui possèdent des ganglions cérébraux

volumineux et distincts, jusqu'aux acéphales, qui n'ont plus que des renflements simples et peu volumineux.

Sa seconde forme se remarque chez les articulés et elle se rapproche plus sensiblement de celle des animaux vertébrés. Là il offre encore un collier œsophagien, portant supérieurement un renflement céphalique simple ou divisé en plusieurs masses. Du collier émanent plusieurs nerfs avec deux séries de ganglions qui se placent sous le canal digestif et s'étendent dans toute la longueur du corps. Les renflements de ces chaînes intestinales sont liés les uns aux autres par des filets intermédiaires et donnent naissance, par leur périphérie, à des divisions destinées aux muscles ou aux viscères. Quelquefois, comme on le voit dans les annélides, les deux séries de ganglions sont remplacées, soit dans toute l'étendue du corps, soit dans la partie postérieure seulement, par une série unique offrant une grande analogie avec la moelle épinière, surtout quand elle se présente sous l'aspect d'un cordon lisse et dépourvu de renflements. La centralisation du système nerveux dans cet embranchement est donc longitudinale, comme le fait observer M. Duvernoy (1), au lieu d'être circulaire, ainsi que chez les mollusques et les rayonnés.

Enfin, sa quatrième forme caractérise les animaux vertébrés. Ici il est placé au-dessus du canal digestif dans un étui brisé, osseux ou cartilagineux. A la tête, il offre plusieurs masses constituant l'encéphale, et dans toute la longueur du tronc un prolongement connu sous le nom de *moelle épinière*. De cette tige médullaire émanent, soit dans la partie crânienne, soit dans la partie rachidienne, une infinité de cordons nerveux dont les uns conduisent la sensibilité, les autres le mouvement, et le plus grand nombre, la sensibilité et le mouvement, à tous les organes. A ce système qu'on a appelé *cérébro-spinal*, ou de la vie animale, se trouve annexé un *système ganglionnaire* plus ou moins indépendant du premier et présidant spécialement aux actions obscures de la vie organique.

Ces deux faits si remarquables en ce qui concerne les vertébrés : d'une part, l'existence d'un cerveau et d'une moelle épinière et la situation de ces parties centrales ; d'autre part, l'adjonction à celles-ci d'un petit système jouissant de propriétés particulières et exerçant une influence plus ou moins distincte, ont paru suffisants à plusieurs anatomistes pour repousser l'identité de composition entre l'appareil nerveux des vertébrés et celui des invertébrés ; mais leurs opinions, sur ce point, sont très dissidentes. Les uns, avec M. Serres (2), soutiennent que l'encéphale et la moelle épinière sont exclusivement propres aux vertébrés et que ces parties n'ont pas d'analogue dans les invertébrés, dont le système nerveux répondrait seulement aux ganglions du trifacial et à la double série ganglionnaire des nerfs rachidiens des animaux supérieurs ; les autres, avec Cuvier et Meckel, comparent le cerveau et la moelle épinière des vertébrés aux ganglions œsophagiens et aux chaînes de renflements qui existent dans la plupart des animaux sans vertèbres ; enfin il en est qui prétendent que toute la différence entre les premiers et les seconds consiste en ce que, dans ceux-là, les deux systèmes sont séparés, tandis qu'ils sont dans ceux-ci

(1) Voyez, pour de plus amples détails, les mémoires de M. Duvernoy sur le système nerveux de ces animaux, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, et *Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, ZOOLOGIE, t. XVIII, cahier n° 2, p. 66.

(2) *Anatomie comparée dans les quatre classes de vertébrés*. Paris, 1827, t. II, p. 47.

plus ou moins réunis et confondus en un seul. Il est difficile de trouver, parmi ces assertions contradictoires, celle qui offre le plus de vraisemblance ; car s'il est évident que le système nerveux des vertébrés n'est pas identique avec celui des mollusques et des articulés, il est cependant incontestable qu'il offre avec ce dernier une certaine analogie. En effet, on ne saurait s'empêcher de considérer comme représentant l'encéphale les gros ganglions œsophagiens des céphalopodes, bien que le supérieur ne donne naissance qu'aux nerfs des yeux et de la bouche, tandis que l'inférieur fournit, suivant la remarque de M. Duvernoy, ceux des pieds et des organes de l'audition.

Toutes ces discussions perdent d'ailleurs aujourd'hui beaucoup de leur importance depuis que l'on a constaté chez les invertébrés (1), et principalement les insectes, l'existence de nerfs fournissant exclusivement des ramifications viscérales, nerfs tout à fait comparables au sympathique des animaux supérieurs. Ils se composent, chez les annélides, de deux cordons récurrents qui partent de l'anneau œsophagien, suivent le canal digestif, arrivent au niveau de l'estomac où ils présentent de petits ganglions donnant naissance à une infinité de filets, lesquels, après avoir concouru à la formation de plexus plus ou moins serrés, se distribuent aux viscères. Chez d'autres articulés, ce petit système constitué par ces nerfs connus sous le nom de *stomato-gastriques* se complique en recevant de nouveaux cordons qui ont la même destination que les précédents. Ainsi, en résumé, on peut admettre, pour la généralité des animaux, les deux systèmes nerveux qui sont distincts dans les vertébrés et même dans une partie des invertébrés, tandis qu'ils sont confondus ensemble chez les plus imparfaits de ces derniers.

Tels sont les caractères les plus saillants du système nerveux, sous le rapport de sa disposition anatomique : ils nous suffisent pour entreprendre l'examen de son action ; des détails plus minutieux ne nous seraient pas ici d'une grande utilité.

Considérée sous le point de vue le plus général, l'activité du système nerveux s'exerce de trois manières essentiellement différentes : 1° de la circonférence au centre ; 2° du centre à la circonférence ; 3° dans les centres eux-mêmes. Par le premier mode, toutes les irritations profondes ou superficielles, toutes les impressions de quelque nature qu'elles soient et de quelque part qu'elles viennent, sont reçues d'abord, puis transmises aux parties chargées de la perception ; par le second mode, les centres nerveux réagissent consécutivement aux impressions venues de la périphérie et donnent à chaque organe une sensibilité en rapport avec la nature de sa fonction, à quelques uns le mouvement, à tous la faculté de se nourrir, de s'accroître et de se régénérer ; par le troisième mode, enfin, les centres effectuent en eux-mêmes les opérations d'où résultent l'instinct, l'intelligence, la mémoire, etc. La disposition de l'appareil est admirablement appropriée à des fonctions si variées. Constituant un immense réseau qui enveloppe et pénètre toutes les parties, le système nerveux les lie ensemble et les met chacune en communication avec ses foyers d'activité, de telle sorte que l'une d'elles venant à éprouver une modification perceptible, celle-ci est aussitôt transmise à ces mêmes foyers, qui, après l'avoir reçue,

(1) Cuvier, *Anatomie comparée*, 2e édit., t. III, p. 42-323-329, et Müller, *Manuel de physiologie*, 2e édition, Paris, 1851, t. I, p. 542.

réagissent avec plus ou moins d'énergie et renvoient enfin les effets de leur réaction, soit à certains organes, soit à tout le reste de l'économie.

Pour qu'un rôle si complexe puisse être rempli avec régularité, il faut évidemment qu'il y ait unité dans le système nerveux, et c'est en effet ce qui existe ; mais comme ce rôle résulte de plusieurs actes essentiellement différents les uns des autres, on conçoit très bien que chacun d'eux puisse avoir, en quelque sorte, dans l'appareil commun, son appareil ou son organe particulier. Il convient donc, tout d'abord, de rechercher si cette pluralité des appareils nerveux est réelle, ou, en d'autres termes, s'il y a des parties qui président à la sensibilité, d'autres au mouvement, et quelques unes aux facultés instinctives ou intellectuelles.

En envisageant la question dans le sens le plus général, on arrive à voir que, tout en admettant l'unité du système nerveux, on est obligé de reconnaître en lui des appareils distincts, susceptibles, jusqu'à un certain point, d'agir isolément. Bichat, qui avait bien senti cette nécessité, fit deux systèmes : l'un pour la vie animale, ou de relation ; l'autre pour la vie organique, ou de nutrition ; mais il s'exagéra leur indépendance réciproque et méconnut plusieurs des rapports intimes qu'ils ont entre eux. Plus tard Gall, poussant à l'extrême l'idée de la pluralité des organes nerveux, admit quatre appareils spéciaux, savoir : 1° celui des facultés instinctives et intellectuelles, formé par le cerveau et le cervelet ; 2° celui des sens, formé par la moelle allongée ; 3° celui de la sensibilité générale et des mouvements volontaires, constitué par la moelle épinière ; 4° enfin, celui des fonctions automatiques, comprenant les ganglions et les filets du grand sympathique. Pour lui, chacun de ces appareils se subdivise en plusieurs organes ayant chacun des attributions spéciales. Cette distinction, bien que basée sur diverses considérations dont plusieurs ne manquent pas de justesse, ne saurait être adoptée : elle établit une scission trop tranchée, notamment entre les parties essentielles de l'axe cérébro-spinal. Marshall-Hall (1), partant d'un autre point de vue, en admet trois : le cérébral, le spinal, le ganglionnaire, qui peuvent dans de certaines limites fonctionner séparément. Le premier, seul, ne paraît pas susceptible d'être tout à fait isolé, mais les deux autres peuvent l'être expérimentalement avec une grande facilité ; il suffit pour produire ce résultat, quant au système spinal, d'enlever à une grenouille ou à un jeune chat le cerveau et les viscères, de manière à ne laisser que la moelle épinière et les nerfs qui en émanent ; alors, malgré une aussi grave mutilation, les mouvements respiratoires persistent, la déglutition continue à s'effectuer, et les membres se meuvent sous l'influence de stimulations plus ou moins vives. De même, pour isoler le système ganglionnaire, on détruit l'encéphale avec la moelle épinière, et l'on constate la persistance de la circulation et des mouvements péristaltiques de l'intestin.

Une autre distinction qui paraît encore plus fondée que la précédente établit dans le système nerveux trois appareils spéciaux : l'un pour la sensibilité, l'autre pour la motricité, et le troisième pour les opérations instinctives et intellectuelles. Il est facile de démontrer que celle-ci repose sur des données positives dont la valeur est incontestable ; voici les principales.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1851, t. XXXII, p. 633.

On sait depuis longtemps, puisque Erasistrate et Galien l'avaient déjà reconnu, qu'il y a des nerfs du sentiment distincts de ceux du mouvement, et les recherches des modernes ont mis hors de toute contestation que certains nerfs et certaines parties des centres nerveux, comme la portion ganglionnaire du trifacial, l'olfactif, l'optique, les racines supérieures des nerfs rachidiens, le cordon supérieur de la moelle épinière, sont exclusivement en rapport avec la sensibilité. Leur ensemble constituerait donc l'appareil sensitif qu'on pourrait même subdiviser en deux fractions : l'une pour la sensibilité générale, l'autre pour la sensibilité spéciale. En second lieu, il y a des nerfs exclusivement moteurs, tels que l'oculo-musculaire commun, le moteur externe de l'œil, le pathétique, le facial, l'hypoglosse, et les racines spinales inférieures. Ces différents nerfs, auxquels il faut joindre le cordon inférieur de la moelle épinière, puis la moelle allongée, où réside le principe des mouvements respiratoires, et le cervelet, qui coordonne les mouvements de translation, composeraient l'appareil de la motricité. Enfin, les hémisphères cérébraux formeraient à eux seuls l'appareil chargé de la perception des sensations et de tout ce qui est relatif aux facultés, soit instinctives, soit intellectuelles.

La localisation de la sensibilité, de la motricité et des facultés intellectuelles dans des parties différentes du système nerveux est, comme nous le verrons, du reste, plus tard, un fait incontestable. Cependant il ne faudrait pas croire que ces trois groupes de propriétés ont partout un siége et des organes parfaitement distincts : s'il est évident que dans la moelle épinière et les nerfs la sensibilité s'isole de la motricité, il n'en est pas de même dans l'encéphale. Ici le siége de l'une n'est plus bien séparé du siége de l'autre, il y a entre les deux une confusion que l'analyse expérimentale ne parvient pas à dissiper. On voit bien, il est vrai, dans cette masse centrale : d'une part, des parties excitables, telles que la moelle allongée, le pont de Varole, les pédoncules cérébraux et cérébelleux, les tubercules bigéminés, dont l'irritation provoque des mouvements ; et d'autre part, des parties sensibles dans lesquelles la moindre stimulation développe de la douleur ; mais, chose bizarre, les parties excitables sont précisément celles qui jouissent de la sensibilité et d'une sensibilité exquise, de telle sorte qu'en elles le siége du sentiment paraît confondu avec celui de la motricité, particularité qui s'explique, du reste, par l'intrication des fibres sensitives et des fibres motrices qui viennent constituer les renflements encéphaliques. De plus, il y a dans ceux-ci d'autres parties, telles que les hémisphères cérébraux, les corps striés, les couches optiques, le cervelet, qui ne sont ni sensibles, ni excitables, et pourtant elles ne sont étrangères ni aux actions sensitives, ni aux actions motrices, puisque leur lésion détermine à la fois, soit la paralysie, soit des troubles variés dans la locomotion, la perte des sens, l'abolition de la perception. Cette association entre deux facultés si différentes et la confusion qui en résulte s'opposent à ce qu'on puisse nettement séparer dans l'encéphale l'appareil de la sensibilité d'avec celui du mouvement, si tant est qu'ils y soient réellement distincts.

Quant à la délimitation de l'appareil affecté aux fonctions instinctives et intellectuelles, celle-ci offre moins de difficulté : les travaux de M. Flourens ont prouvé qu'elles s'effectuent dans les hémisphères cérébraux, et non pas à la fois dans ces parties et le cervelet, comme l'avaient cru certains physiologistes; mais ces hémi-

sphères, par cela même qu'ils remplissent encore un rôle important relativement aux sensations et aux mouvements, ne peuvent être considérés comme un appareil exclusivement en rapport avec les premières de ces fonctions.

Il y a donc dans le système nerveux des parties qui président à la sensibilité, d'autres à la motricité, et quelques unes enfin aux facultés de l'instinct et de l'intelligence. Bien que ces parties ne soient point complétement distinctes, notamment dans l'encéphale, elles ne forment pas moins les trois appareils spéciaux dont nous avons parlé. Cette pluralité des appareils dans un système unique, est déjà un fait très remarquable ; mais il y a plus : chacun d'eux se fractionne à son tour en petits organes ayant des attributions déterminées que les recherches expérimentales sont parvenues à mettre en évidence. « En effet, du cerveau naît, dit M. Flourens (1), » la faculté par laquelle l'animal pense, veut, se souvient, juge, perçoit les sensa- » tions et commande à ses mouvements; du cervelet dérive la faculté qui coor- » donne ou équilibre les mouvements de locomotion ; des tubercules bijumeaux ou » quadrijumeaux, le principe primordial de l'action du nerf optique et de la ré- » tine ; de la moelle allongée, le principe premier moteur ou excitateur des mou- » vements respiratoires ; et de la moelle épinière enfin, la faculté de lier ou d'asso- » cier en mouvements d'ensemble les contractions partielles immédiatement » excitées par les nerfs dans les muscles. »

Quelles que soient, du reste, les limites de cette division du système nerveux en systèmes secondaires, quel que soit l'isolement ou la spécialisation du rôle de chacun d'eux, l'unité du système reste avec l'unité de ses fonctions : toutes les actions partielles, exécutées par des organes plus ou moins isolés, se subordonnent à une action générale, collective, connue sous le nom d'*innervation.*

L'action nerveuse, considérée dans son ensemble, est complexe, puisqu'elle résulte de plusieurs éléments séparables par l'analyse expérimentale : le premier, qui est la *sensibilité* ou la propriété de ressentir les impressions et de les transmettre ; le second, qui est l'*excitabilité* ou la *motricité*, c'est-à-dire la propriété de provoquer les contractions musculaires ; le troisième, la faculté de percevoir, de juger, de vouloir : en un mot, l'*instinct* et l'*intelligence.* Ces propriétés, ces facultés diverses, dont chacune a son siége spécial, s'associent dans un certain ordre suivant le résultat qu'elles doivent produire. Pour le moindre mouvement, par exemple, il faut l'intervention, d'abord de la volonté, qui commande et qui règle le sens du mouvement, laquelle émane des hémisphères cérébraux, puis celle de l'excitabilité, qui part de la moelle épinière, et, en dernier lieu, celle du principe cooordinateur qui dérive du cervelet. Ces trois actions ne font ici que se produire successivement, elles restent indépendantes l'une de l'autre, si bien qu'on peut les isoler artificiellement sans difficulté. Ainsi vient-on à détruire le cerveau, la volition ne commande plus le mouvement, mais celui-ci se produit avec régularité, pourvu qu'un excitant quelconque porte l'animal à se déplacer ; la destruction porte-t-elle sur le cervelet, le mouvement se produit bien encore et volontairement, mais il n'est plus régulier, il manque de coordination ; est-ce, au contraire, la moelle épinière qui

(1) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, 2ᵉ édit. Paris, 1842, p. 236.

cesse d'agir, la volonté commande sans être obéie ; le cervelet pourrait bien équilibrer les déplacements, mais ceux-ci ne s'effectuent plus, faute d'influence excitatrice.

Il y a donc une spécialisation dans les propriétés et les actions nerveuses comme il y en a une dans le rôle de chaque partie du système : c'est là une proposition qu'il suffit d'énoncer pour le moment, puisqu'elle doit être développée avec détail par la suite.

L'innervation, considérée non plus en soi, mais relativement au reste de l'organisme, étend son influence sur toutes les fonctions et sur tous les organes sans exception ; il n'est pas une action, de quelque nature qu'elle soit, qui ne se trouve sous sa dépendance : la démonstration en est facile à donner. Le nerf d'un organe des sens cesse-t-il d'être en communication avec l'encéphale, aussitôt la sensation est abolie. Le nerf d'un muscle est-il dans la même condition, le muscle n'obéit plus à la volonté et cesse de se contracter ; en un mot, il est paralysé ; bientôt il va s'atrophier et il mourrait complétement si l'influence des ramifications ganglionnaires ne suffisait à entretenir dans sa masse une nutrition languissante. Opère-t-on la section des pneumo-gastriques, la glotte se ferme en grande partie, l'air pénètre difficilement dans la poitrine, l'animal ne tarde pas à périr asphyxié. A-t-on soin, lors de cette section, d'ouvrir la trachée pour donner accès au fluide qui ne traverse pas le larynx, d'autres effets encore se produisent : le poumon s'engoue, les bronches se remplissent de mucosités, l'hématose reste imparfaite, la respiration devient d'une lenteur extrême, la température du corps baisse, et tout cela par suite de l'affaiblissement de l'innervation sur le cœur et sur l'organe de la sanguification. Des effets analogues se manifestent dans d'autres parties dès l'instant qu'elles sont soustraites à l'influence nerveuse ; elles perdent leur sensibilité si elles en possédaient une appréciable, la faculté de se mouvoir si elles sont de nature contractile ; leurs sécrétions se suspendent, leur nutrition languit, elles s'atrophient et finissent par être frappées de mort.

Cette influence dominatrice, sans laquelle nul tissu ne peut vivre et nul organe fonctionner, ne s'exerce point suivant des lois identiques pour tous les animaux ; elle offre dans ses phénomènes des modifications assez nombreuses correspondant à celles qui s'observent dans la disposition anatomique du système nerveux. La plus générale et la première de ces lois est celle-ci : l'innervation est d'autant plus centralisée que l'animal est plus haut placé dans l'échelle zoologique.

D'abord, il est évident qu'il ne saurait y avoir de centralisation chez les êtres les plus simples dont le système nerveux est, pour ainsi dire, disséminé. L'une quelconque des parties du corps ayant en soi ce que possèdent toutes les autres, il n'y a pas de raison pour que la première soit dépendante des secondes : aussi, quand une hydre vient à être coupée en deux, chaque moitié peut-elle vivre isolément comme elle vivait étant réunie à l'autre. Dès qu'apparaissent des renflements ganglionnaires, la centralisation se manifeste à un degré plus ou moins prononcé. S'ils forment une chaîne dans laquelle la même disposition se répète un grand nombre de fois, comme on le voit chez les articulés, chaque ganglion constitue un petit centre où aboutissent des sensations et d'où partent des influences motrices, de telle sorte que la division de l'animal en deux moitiés, par exemple, permet encore à celles-ci de vivre comme le faisait l'animal tout entier : c'est effectivement ce qui arrive chez les naïdes, les lombrics, d'après les observations de Trembley, de

Bonnet, de Réaumur. Il n'en est plus de même chez la plupart des articulés et des mollusques dont les ganglions céphaliques acquièrent des proportions relatives considérables ; néanmoins la centralisation nerveuse de ces animaux n'est pas telle que l'ablation du collier œsophagien détermine immédiatement la mort. Dans les vertébrés, l'action nerveuse se concentre de plus en plus, et la dépendance qui existe entre ses divers éléments devient de plus en plus intime ; mais il y a encore, sous ce rapport, une grande distance entre le reptile et le mammifère : la salamandre, par exemple, peut survivre des mois entiers à la décapitation, tandis qu'un animal à sang chaud meurt immédiatement après la destruction de la moelle allongée, bien que l'encéphale et la moelle épinière soient intacts.

La seconde des grandes lois de l'innervation peut être ainsi formulée : l'influence nerveuse est d'autant moins centralisée que l'animal est plus jeune ou moins avancé dans son développement.

Le fœtus se forme sans qu'il ait un système nerveux achevé ; il arrive même à son complet développement, bien que quelquefois, ainsi que les acéphales le prouvent, le cerveau manque complétement ou n'existe qu'à l'état de vestige. Tous les expérimentateurs ont remarqué que les jeunes animaux survivent plus aux mutilations des centres nerveux que les sujets adultes. J'ai décapité à la fois six jeunes rats qui n'avaient point encore la peau recouverte de poils : ils ont exécuté des mouvements spontanés pendant 20, 25, 30 minutes après l'opération ; des sujets adultes, soumis par comparaison à la même expérience, n'exécutaient plus aucun mouvement au bout de 40 à 50 secondes.

Une troisième loi est : que l'influence nerveuse ne tient pas toutes les fonctions dans une dépendance également intime.

Celles qui en dépendent le plus immédiatement sont : les sensations, la locomotion et toutes les autres fonctions de relation. Il suffit du moindre trouble apporté dans l'action des centres pour que les sensations, les mouvements, soient pervertis ou mis dans l'impossibilité de s'effectuer. Les fonctions de la vie organique y sont moins directement soumises : le mouvement nutritif, les sécrétions, l'absorption, continuent même un certain temps après que le centre cérébro-spinal a cessé d'agir. Toutefois plusieurs d'entre elles sont vivement impressionnées par les causes qui agissent sur le cerveau ; et, pour n'en citer qu'un seul exemple, voyez les battements du cœur se précipiter, la digestion se suspendre, la peau se couvrir de sueur par suite d'une émotion subite, d'une passion violente, etc. Mais ici il faut tenir compte de l'intervention du système ganglionnaire dont l'influence moins sensible modifie celle du cérébro-spinal.

Une quatrième loi est : que l'influence nerveuse varie suivant les individus et les diverses conditions dans lesquelles ils peuvent se trouver.

Les principales variations sous ce rapport tiennent à l'état de veille ou de sommeil, de santé ou de maladie, d'activité, d'engourdissement ou d'hibernation : nous les indiquerons à leur place quand l'occasion s'en présentera.

Les grandes lois de l'action nerveuse étant connues, on peut se demander par quel agent celle-ci s'exerce et produit tous les phénomènes si remarquables qui la caractérisent. Il n'est possible de répondre actuellement à cette question que par une hypothèse. Les anciens crurent trouver ce principe actif du système nerveux dans

ce qu'ils appelaient les *esprits animaux* dont Descartes (1) et tant d'autres parmi les modernes firent encore un si singulier abus ; aujourd'hui, au lieu de ces puissances imaginaires sur lesquelles on ne fut jamais bien fixé, on invoque l'intervention d'un *agent vital*, d'une *force nerveuse*, de l'*électricité*, mais en définitive on ne fait que cacher sous des expressions peut-être plus heureuses une ignorance qui, sans doute, ne sera jamais dissipée.

En effet, y a-t-il quelques raisons sérieuses d'admettre avec Cuvier (2), par exemple, l'existence d'un *fluide nerveux*, impondérable, qui serait sécrété par la matière médullaire aux dépens des matériaux du sang, fluide produit en plus ou moins grande quantité et susceptible de s'altérer dans sa composition sous l'influence de causes diverses? Y en a-t-il plus de considérer, avec d'autres, ce fluide comme identique, ou du moins comme très analogue à l'électricité? Bien que certains faits viennent à l'appui de cette dernière supposition, elle est loin d'avoir autant de valeur qu'on l'avait cru d'abord ; beaucoup de ces faits sont contestables ou mal interprétés : tels, le rétablissement de la digestion par un courant galvanique après la section des nerfs vagues ; l'électrisation d'aiguilles implantées dans les nerfs ou dans les muscles en contraction ; le développement dans les troncs nerveux de courants rendus sensibles à l'aide du galvanomètre; les phénomènes des poissons électriques, etc. Tous ces faits, de même que beaucoup d'autres qui paraissaient très concluants, ont été réduits à leur juste valeur : ainsi, on s'est assuré que l'électricité appliquée aux nerfs vagues, après leur section, n'entretient la digestion qu'en excitant la partie inférieure de ces cordons, et que les simples tractions mécaniques amènent le même résultat. Les expérimentateurs qui ont essayé récemment d'électriser des aiguilles implantées dans les nerfs n'ont pu y parvenir. M. Longet (3) et d'autres n'ont point observé de courants dans les nerfs, bien qu'ils eussent opéré avec des galvanomètres très sensibles, etc., etc. En pesant bien toutes les raisons qui ont été données à l'appui d'une prétendue identité du fluide nerveux avec l'électricité, on ne voit pas qu'elles soient suffisantes pour l'établir. Néanmoins elles semblent indiquer une certaine analogie, sinon dans la nature, au moins dans les effets de l'un et de l'autre.

(1) Voyez son *Discours sur la méthode*, 5e partie, p. 36 et suiv., et son *Traité des passions*, p. 527, édit. Charpentier. Voici comment il s'exprime au sujet des esprits animaux :
« Mais ce qu'il y a ici de plus considérable, dit-il, c'est que toutes les plus vives et les plus subtiles parties du sang que la chaleur a raréfiées dans le cœur entrent sans cesse en grande quantité dans les cavités du cerveau. Et la raison qui fait qu'elles y vont plutôt qu'en aucun autre lieu est que tout le sang qui sort du cœur par la grande artère prend son cours en ligne droite vers ce lieu-là, et que, n'y pouvant pas toutes entrer à cause qu'il n'y a que des passages fort étroits, celles de ces parties qui sont les plus agitées et les plus subtiles y passent seules, pendant que le reste se répand en tous les autres endroits du corps. Or ces parties du sang très subtiles composent les esprits animaux; et elles n'ont besoin à cet effet de recevoir aucun autre changement dans le cerveau, sinon qu'elles y sont séparées des autres parties du sang moins subtiles : car ce que je nomme ici des esprits ne sont que des corps, et ils n'ont point d'autre propriété, sinon que ce sont des corps très petits et qui se meuvent très vite, ainsi que les parties de la flamme qui sort d'un flambeau; en sorte qu'ils ne s'arrêtent en aucun lieu, et qu'à mesure qu'il en entre quelques uns dans les cavités du cerveau, il en sort aussi quelques autres par les pores qui sont en sa substance, lesquels pores les conduisent dans les nerfs, et de là dans les muscles, au moyen de quoi ils meuvent le corps en toutes les diverses façons qu'il peut être mu. »
(2) *Règne animal*, 1re édit., p. 31-32 et suiv.
(3) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. I, p. 136.

Remarquons, en terminant, et pour appuyer l'hypothèse de l'existence d'un fluide nerveux spécial, que, dans certaines conditions physiologiques ou morbides, il y a un déploiement considérable de forces, une surexcitation générale du système, tandis que, dans d'autres circonstances, il y a abattement, prostration, inaptitude à toute espèce de réaction, comme si l'influence nerveuse était épuisée ou en partie éteinte.

CHAPITRE II.

FONCTIONS DE L'ENCÉPHALE.

Les masses nerveuses que le crâne renferme, et qui constituent, par leur réunion, ce qu'on appelle l'encéphale, se distinguent les unes des autres, non seulement sous le rapport anatomique, mais encore au point de vue de leurs fonctions : ainsi les unes sont insensibles ou à peu près ; les autres jouissent d'une sensibilité exquise ; telle préside aux mouvements, telle autre est le siége des perceptions, des instincts, de l'intelligence, etc. Le problème est donc d'assigner à chacune son rôle et ses propriétés ; problème difficile dont la solution est devenue, comme on va le voir, un des plus beaux résultats de la physiologie moderne.

I. DU CERVEAU.

Aristote et Galien croyaient le cerveau insensible. Lorry, M. Flourens (1), et, après eux, la plupart des expérimentateurs, ont constaté que cet organe peut être touché, piqué, soumis à l'action du feu et des caustiques, enlevé même couche par couche, sans que l'animal témoigne la moindre douleur ; cependant quelques uns l'ont regardé comme étant doué d'une certaine sensibilité : Haller, Zinn (2), ont vu des chiens et des chevreaux s'agiter, jeter des cris, se plaindre vivement lorsqu'on irritait la substance blanche ou médullaire des lobes cérébraux. M. Serres (3) a vu aussi qu'une douleur vive se manifeste quand on enfonce à une certaine profondeur un instrument tranchant dans ces lobes. Il y a conséquemment encore incertitude sur la question de savoir si les hémisphères cérébraux sont ou ne sont pas sensibles. D'une part, les recherches de Haller et celles de M. Serres tendent à démontrer qu'ils jouissent d'une sensibilité assez prononcée ; mais, comme dans les expériences de Haller, les lésions de ces organes s'accompagnaient de convulsions, il est certain que cet illustre physiologiste, en irritant le cerveau, irritait aussi, et à son insu, soit la protubérance annulaire, soit la moelle allongée qui sont sensibles et excitables, de telle sorte que ses résultats ne sauraient être concluants. D'autre part, les expériences de M. Flourens, faites sur un grand nombre d'ani-

(1) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, 2ᵉ édit., p. 18 et suiv.

(2) *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*, t. I, p. 200 et suiv. Lausanne, 1756.

(3) *Anatomie comparée du cerveau*, t. II, p. 662.

maux et répétées par M. Longet, nous montrent ces hémisphères complétement insensibles à toute espèce d'excitations mécaniques ou chimiques. Dans l'intention de vérifier ce fait sur nos grandes espèces, j'ai mis à découvert le cerveau du cheval sur une assez grande étendue, et après avoir enlevé les méninges au niveau de la région dénudée, j'ai d'abord appliqué sur les circonvolutions un pinceau imprégné d'acide azotique, puis j'ai enfoncé, à plusieurs reprises, soit un stylet, soit un instrument tranchant, sous différentes directions et à une assez grande profondeur, dans la substance cérébrale; j'ai enlevé celle-ci couche par couche sans que l'animal, à aucun moment de cette opération, témoignât la moindre douleur et éprouvât la plus légère convulsion. Jusqu'alors j'étais parfaitement d'accord avec les résultats de M. Flourens; mais ayant réfléchi que les délabrements exécutés pour mettre à découvert le cerveau avaient pu produire un ébranlement dans cet organe et déterminer une douleur suffisante pour masquer la douleur plus faible qui pouvait provenir de l'irritation de sa pulpe, je me contentai de faire au crâne de petites ouvertures à l'aide du trépan : dans ce dernier cas, dès que le cerveau était comprimé avec le doigt, l'animal témoignait par un mouvement brusque une douleur non équivoque ; de même, lorsqu'un stylet ou un scalpel était enfoncé à une certaine profondeur dans l'organe, cet animal cherchait à se soustraire à la piqûre. Il en a été ainsi sur un assez grand nombre de chevaux et un âne, à part quelques exceptions dans lesquelles les piqûres n'ont point provoqué de douleur appréciable. Dans la plupart de ces circonstances, les ouvertures du trépan étaient pratiquées assez bas pour que l'instrument destiné à irriter la substance cérébrale ne pût arriver au niveau des pédoncules, des tubercules bigéminés ou du bulbe rachidien dont la lésion eût évidemment entaché d'erreur toutes ces tentatives.

Si les hémisphères cérébraux sont sensibles, ce qui ne me paraît pas douteux, pour les solipèdes, ils ne sont point excitables, c'est-à-dire qu'ils ne provoquent point, à la suite de leur irritation, de contractions musculaires. C'est là une vérité que M. Flourens a démontrée et sur laquelle tout le monde est d'accord. Je n'ai vu dans aucun cas, ni sur le cheval, ni sur le taureau, les piqûres plus ou moins profondes, la destruction plus ou moins complète, l'ablation couche par couche de leur substance, déterminer la moindre convulsion, et cependant Haller (1) a constaté des mouvements convulsifs souvent très violents à la suite de semblables lésions, sans doute, encore, parce qu'il irritait en même temps que le cerveau des parties éminemment excitables, telles que le mésocéphale et la moelle allongée. Il suffit, en effet, d'exercer une légère traction sur ces dernières, en retirant du crâne la substance des hémisphères, pour qu'aussitôt surviennent des secousses musculaires ; mais tant qu'on dilacère ou qu'on détruit celle-ci sans tirailler les parties excitables, l'animal reste dans une immobilité complète.

Pour déterminer le rôle des hémisphères cérébraux, il est nécessaire de les détruire l'un après l'autre ou tous les deux ensemble. Quand on opère cette destruction sur un mammifère ou un oiseau, voici ce qu'on observe, d'après M. Flourens. L'animal continue à vivre pendant un certain temps, se tient encore debout, conserve assez bien son équilibre et la faculté de se mouvoir, mais il est comme assoupi et a perdu

(1) Exp. 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, etc., t. I, p. 200 et suiv.

l'usage de ses sens : il ne voit ni n'entend plus; il a perdu la mémoire, l'instinct, l'intelligence, la volonté ; il ne se meut plus spontanément : si on le pousse, il marche, mais il se heurte contre les objets qui l'entourent, sans chercher à les éviter ; si on le met sur le dos, il se relève ; si on le frappe, il ne songe point à s'enfuir ; s'il est pressé par la faim, il n'a pas même l'idée de prendre la nourriture qu'on lui présente ; cependant, si on lui met de l'eau ou des aliments dans la bouche, il les avale. Dans ce singulier état, l'animal peut vivre jusqu'à des mois entiers : M. Flourens a pu même conserver près d'une année une poule privée de ses lobes cérébraux, et M. Longet (1) a vu des pigeons résister de douze à dix-huit jours à une semblable mutilation. Les mammifères seuls périssent bientôt à la suite de l'ablation du cerveau, c'est à peine si le cheval y survit une demi-journée. Mais quelle que soit, du reste, la durée de la vie dans cette circonstance, on remarque que l'animal, bien que plus ou moins affaibli, conserve cependant la faculté de se mouvoir et continue à jouir de la sensibilité générale, tandis qu'il a perdu, ou à peu près, l'usage de ses sens. Sur les deux premiers points tous les observateurs sont d'accord ; ils restent en dissidence seulement sur le dernier.

L'action des lobes cérébraux est donc complexe : examinons-la dans ses rapports avec les sensations, les mouvements et les facultés intellectuelles des animaux.

Rôle des hémisphères relativement aux sensations. — Les hémisphères cérébraux sont les parties de l'encéphale chargées de percevoir les impressions produites sur les organes des sens. M. Flourens a constaté que leur destruction complète abolit la vue, l'ouïe et les autres sensations. Néanmoins, suivant MM. Magendie, Bouillaud et Longet, il y aurait encore dans ce cas perception confuse de différentes impressions. Ainsi, les animaux seraient encore sensibles à l'action d'une vive lumière, des pigeons exécuteraient des mouvements brusques lors de la détonation d'une arme à feu, de jeunes chiens rejetteraient la coloquinte introduite dans leur bouche, différents animaux seraient affectés par les odeurs ammoniacales. Il est difficile de trancher nettement la question sur ce point, surtout en ce qui concerne les mammifères chez lesquels la destruction des lobes cérébraux affaiblit à un haut degré la sensibilité générale, et détermine une paralysie qui met les animaux dans l'impossibilité de réagir à la suite des impressions qu'ils pourraient ressentir. Dès qu'un cheval a le cerveau enlevé, il est à peine affecté par de profondes piqûres, ou de grandes incisions à la peau ; le bruit que l'on fait autour de lui ne paraît pas l'émouvoir ; la lumière la plus vive ne fait pas varier l'ouverture de la pupille ; le doigt porté brusquement vers l'œil ne détermine pas de mouvements des paupières ; l'ammoniaque mise à l'entrée des naseaux n'occasionne ni ébrouement, ni rien qui indique une action sur la pituitaire ; des substances amères placées sur la langue ne provoquent, ni dans cet organe, ni dans les mâchoires, le moindre mouvement qui puisse porter à penser que ces substances ont impressionné les papilles gustatives ; en un mot, toutes les sensations semblent anéanties. Les mêmes phénomènes s'observent chez les ruminants : une génisse à laquelle j'avais complétement détruit les deux hémisphères cérébraux se tenait encore debout et marchait assez facilement, mais elle se heurtait contre les murs, ne voyait plus les objets qu'on appro-

(1) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. I, p. 646.

chait de ses yeux, gardait sans le mâcher le foin qu'on lui mettait dans la bouche et n'était nullement impressionnée par le bruit d'un cor qu'on faisait sonner à ses oreilles. M. Longet a également observé sur des chats et des lapins l'abolition des sensations que M. Flourens a constatée le premier, notamment sur les oiseaux. Une poule que cet habile expérimentateur(1) avait privée de ses lobes cérébraux, et qui vécut plusieurs mois à la suite de cette mutilation, perdit manifestement l'usage de ses sens. Tout d'abord on put s'assurer qu'elle avait cessé de voir et d'entendre ; plus tard, quand elle fut rétablie, il devint facile de constater qu'elle était aussi privée de la gustation et de l'olfaction : on la mettait sur un tas de blé, on lui plaçait sa nourriture sous les narines, on lui enfonçait le bec dans le grain, on le lui plongeait dans l'eau, on lui introduisait ses aliments à l'entrée de la bouche; mais elle ne mangeait ni ne buvait, il fallait lui porter le grain jusqu'à l'entrée du pharynx pour qu'il fût avalé, et il l'était alors comme les cailloux que l'on portait au même endroit.

D'après ces résultats, vérifiés un grand nombre de fois, M. Flourens regarde les lobes cérébraux comme le siége des perceptions, comme l'organe qui donne aux sensations une forme distincte et les constitue telles qu'elles doivent être pour laisser une empreinte durable, devenir le principe des idées, et l'excitant des déterminations volontaires. Les faits qui ont été opposés à cette manière de voir ne sauraient l'infirmer : la persistance de l'ouïe chez des pigeons n'est pas suffisamment prouvée par les mouvements brusques qu'ils ont exécutés lors de la détonation d'une arme à feu, ces mouvements ayant pu résulter d'impressions tactiles développées par les vibrations de l'air ; celle de l'olfaction ne l'est pas non plus assez par les effets produits par l'ammoniaque, puisque ce composé irritant peut agir aussi bien sur la sensibilité générale de la pituitaire et des bronches que sur la sensibilité olfactive. Si dans d'autres circonstances encore, les sensations, ou quelques unes d'entre elles, ont paru persister, après la destruction des hémisphères, elles étaient confuses, incomplètes, elles avaient perdu leurs caractères habituels, et peut-être ne s'étaient-elles conservées que parce que la destruction des hémisphères était incomplète.

La sensibilité générale n'est point abolie par l'ablation des lobes cérébraux : M. Flourens, M. Magendie, M. Longet et d'autres, ont remarqué que les animaux privés de leurs hémisphères étaient encore sensibles aux piqûres et aux diverses excitations, pourvu qu'elles fussent un peu fortes. Cependant cette sensibilité s'affaiblit considérablement, surtout chez les mammifères de grande taille, comme le cheval, par exemple. Cet affaiblissement est tel, que souvent les piqûres d'épingle et même les coups de scalpel donnés dans la peau restent sans effets; il est beaucoup moins prononcé chez les oiseaux, qui se rétablissent après les mutilations de l'encéphale.

Les hémisphères cérébraux ont sur les sensations une action croisée comme sur les mouvements. M. Flourens a observé que la destruction de l'un d'eux entraîne la perte de la vue du côté opposé. J'ai constaté sur un âne que cette action croisée existe également pour la sensibilité générale. Après avoir détruit en partie le lobe cérébral droit, j'ai vu que l'animal s'agitait vivement quand on lui frappait l'oreille droite, ou lorsqu'on lui piquait la peau du même côté, tandis qu'il s'agitait à peine

(1) Ouvrage cité, p. 87.

à la suite des coups portés sur l'oreille gauche ou des piqûres faites à gauche en diverses parties du corps. J'avoue cependant que, dans quelques circonstances, il n'y a pas eu de différence bien appréciable entre la sensibilité de l'une des moitiés du corps et celle de la moitié opposée.

Rôle des hémisphères cérébraux relativement aux mouvements. — L'action des hémisphères sur les mouvements est assez difficile à bien caractériser : elle paraît consister en une irritation qui détermine les mouvements spontanés ou volontaires. On la démontre expérimentalement en détruisant en partie ou en totalité les lobes cérébraux ; mais cette destruction ne produit pas les mêmes effets sur toutes les classes d'animaux ; en général, elle entraîne une prostration des forces musculaires qui peut aller jusqu'à la paralysie et la perte plus ou moins évidente de la spontanéité dans les actions locomotrices. D'après M. Flourens (1), la poule privée de ses lobes cérébraux se tient encore debout, elle conserve parfaitement l'équilibre, marche quand on l'irrite ou qu'on la pousse ; elle cesse de se mouvoir dès qu'on ne l'irrite plus, elle reste dans la situation où on la place ; presque toujours elle est plongée dans un assoupissement profond. Si on la réveille, elle ne tarde pas à retomber dans la somnolence ; lorsqu'elle en sort spontanément, elle secoue la tête, agite ses plumes, les nettoie quelquefois avec son bec, change de patte pour se reposer ; par moments elle marche comme sans motif et sans but, se heurte contre les obstacles qui se trouvent sur son passage, sans chercher à les éviter ; en un mot, elle a conservé la faculté d'exécuter ses mouvements habituels, tout en perdant leur spontanéité, c'est-à-dire la faculté de les vouloir. Les reptiles et les poissons conservent également, suivant Desmoulins, l'entier usage de leurs mouvements ; ils continuent à nager comme avant l'ablation de leurs lobes cérébraux. Il n'en est point ainsi, à beaucoup près, chez les mammifères : dès qu'on détruit les hémisphères cérébraux à un cheval, il perd l'équilibre et tombe. A peine peut-on même parvenir à enlever les couches superficielles avant que la chute ait lieu. Une fois que l'ablation est achevée, l'affaiblissement musculaire est extrême, l'animal reste étendu sur le côté, avec les membres dans l'extension, le cou et la tête immobiles, la langue pendante hors de la bouche, les lèvres flasques, les paupières baissées, les naseaux à peine dilatés ; et cet état, qu'aucune convulsion ne vient troubler, persiste jusqu'au moment de la mort. Si l'on se borne à la destruction partielle d'un seul hémisphère, on peut quelquefois parvenir à conserver l'animal debout pendant un certain temps et juger alors des modifications apportées dans la locomotion : un âne auquel j'avais enlevé la couche superficielle du lobe cérébral droit se tint debout pendant près d'une heure ; il penchait un peu à gauche ; les membres de ce côté fléchissaient sous le poids du corps et se mouvaient en masse avec difficulté. Abandonné à lui-même, il restait immobile. Dès qu'on venait à l'exciter par des piqûres ou des coups sur les oreilles, il se mettait en marche et marchait très vite ; par moments il tournait en cercle du côté opposé à la lésion ; en se heurtant contre les murs il tombait ; mais on parvenait sans trop de peine à le faire relever. Insensiblement la prostration fit des progrès, et bientôt il ne fut plus possible de le faire marcher sans le soutenir. Sur un autre âne, l'hé-

(1) Ouvrage cité, p. 87.

misphère gauche, préalablement mis à découvert, fut incisé dans le sens de sa longueur ; aussitôt il survint une hémiplégie à droite, le solipède tomba sur ce côté et l'on ne parvint pas à le faire relever. Sur plusieurs chevaux, une simple piqûre de scalpel traversant un des lobes cérébraux dans toute son épaisseur a quelquefois suffi pour entraîner instantanément la chute de l'animal et le mettre dans l'impossibilité de se relever. Les animaux de l'espèce bovine supportent beaucoup mieux que le cheval et même que l'âne les mutilations des hémisphères. Une génisse que j'avais privée d'un de ses lobes cérébraux se tint debout pendant plus d'une demi-heure, conserva tant de vivacité et marcha si aisément, qu'il était fort difficile de reconnaître l'affaiblissement musculaire du côté opposé à la lésion ; quand le lobe restant fut enlevé comme le premier, elle put encore se soutenir, bien qu'avec assez de peine, avancer, reculer et tourner, si on la sollicitait à exécuter ces divers déplacements.

Ces résultats, si dissemblables qu'ils soient, nous montrent cependant assez clairement : 1° que l'action des hémisphères sur les mouvements est croisée comme elle l'est pour les sensations et la sensibilité générale ; 2° que ces parties de l'encéphale sont le point de départ des déterminations volontaires, sans lesquelles les mouvements sont tout à fait automatiques.

L'action croisée des lobes cérébraux est simple, c'est-à-dire que l'influence motrice, qui émane du lobe droit, va agir sur les parties gauches du corps, et que celle du lobe gauche va s'exercer sur les parties droites. Quelques expérimentateurs ont prétendu que cette action croisée était double : Saucerotte a avancé que les parties antérieures des hémisphères avaient plus spécialement une influence sur les mouvements des membres abdominaux, et que leurs parties postérieures agissaient sur ceux des membres thoraciques. M. Serres (1), en s'appuyant sur des données expérimentales qui ne paraissent pas avoir été confirmées, a soutenu la même opinion : il a vu chez le chien la lésion de la partie antérieure des lobes produire la paralysie des pattes de derrière, et la lésion des parties postérieures ou des radiations postérieures des couches optiques déterminer la paralysie des pattes de devant ; enfin, celle des parties intermédiaires, c'est-à-dire de la région moyenne du centre ovale, affaiblir également les extrémités antérieures et les postérieures. Quant à l'influence exercée par les hémisphères sur la spontanéité des mouvements, on a voulu la nier parce qu'on a constaté, après la destruction de ces parties, la persistance de quelques uns de ces derniers, tels que celui qu'effectue le gallinacé pour mettre sa tête sous l'aile, nettoyer ou aiguiser ses plumes avec son bec ; mais ce sont là des actes que l'habitude a pour ainsi dire rendus instinctifs, et qui peuvent, jusqu'à un certain point, s'opérer sans l'intervention de la volonté ; ils ne suffisent pas pour retirer aux lobes cérébraux la faculté de vouloir les mouvements, faculté qui s'anéantit complétement ou, à peu près, chez les oiseaux après l'ablation des organes où résident l'instinct et l'intelligence.

Rôle des hémisphères relativement aux instincts et à l'intelligence. — Indépendamment de leur action sur les sensations et les mouvements, les hémisphères en ont une autre bien plus remarquable, celle d'effectuer les opérations instinctives et intellectuelles.

(1) *Anatomie comparée du cerveau*, t. II, p. 689.

On savait, depuis longtemps, d'après les effets qui surviennent à la suite des maladies et des lésions cérébrales, que l'intelligence, la mémoire, la volonté, etc., ont leur siége dans l'encéphale. Mais cette croyance conjecturale était vague : on ignorait si toutes les parties de l'encéphale prenaient part au développement de ces facultés ou quelques unes d'entre elles seulement. L'expérimentation est venue éclairer ces points si intéressants de la physiologie du système nerveux.

En effet, M. Flourens a démontré clairement que les diverses facultés instinctives et intellectuelles ont leur siége dans les hémisphères cérébraux et non dans toutes les parties de l'encéphale à la fois, comme on l'avait pensé jusqu'alors. Quand ces hémisphères sont détruits, l'animal conserve la faculté de se mouvoir, il respire, il digère comme d'habitude ; mais il perd non seulement toutes ses sensations, il perd encore la mémoire, le jugement, la volonté et les instincts les plus vivaces de son espèce ; il devient tout à fait stupide : presque constamment assoupi ou plongé dans le sommeil, son existence se passe dans la torpeur. Lorsqu'il est réveillé, il exécute à peine quelques mouvements si rien ne vient l'exciter ; il ne cherche ni à s'abriter, ni à fuir, ni à se défendre ; on le maltraite, sans qu'il essaie d'éviter les coups ; il n'a pas même l'idée de prendre la nourriture qu'on met devant lui et se laisserait mourir sur un tas d'aliments, si une main étrangère ne venait les lui mettre dans la bouche. Cependant quelques uns de ses actes semblent indiquer que sa volonté n'est pas complétement annihilée : l'oiseau met sa tête sous l'aile pour dormir, il tente parfois de s'échapper quand on l'importune ; se repose tantôt sur une patte, tantôt sur l'autre, nettoie ses plumes avec son bec, se relève si on le couche sur le dos ; mais, à part ces exceptions, rien dans ces actions ne révèle de véritables déterminations volontaires, comme rien ne révèle la persistance de l'instinct et de l'intelligence.

Ces effets si remarquables ne s'observent point quand on se borne à détruire le cervelet, les tubercules bigéminés et les parties de l'encéphale autres que les hémisphères ; d'où il suit que ces derniers sont, à eux seuls, le siége des facultés dont nous parlons. Mais ces facultés sont nombreuses ; ont-elles chacune un foyer propre, un organe spécial, ou bien ont-elles un siége et un foyer communs d'où émanent à la fois l'intelligence, la mémoire, les divers instincts ?

Willis et Vieussens admettaient gratuitement que l'activité cérébrale était localisée dans la substance corticale, et le premier essayait d'assigner des siéges divers à quelques unes des facultés intellectuelles; Gall multiplia ces dernières et attribua à chacune un organe particulier dans l'encéphale, aussi bien chez les animaux que dans l'espèce humaine ; il édifia sur ces bases hypothétiques un système qui devait crouler devant une simple expérience. M. Flourens, en opérant l'ablation des lobes cérébraux, fit voir que toutes les facultés, au lieu d'avoir chacune un département circonscrit dans le cerveau, ont un seul et même foyer : en voici la preuve : « On peut, dit-il (1), retrancher soit par devant, soit par derrière, soit par en haut, soit par côté, une portion assez étendue des lobes cérébraux sans que leurs fonctions soient perdues. Une portion assez restreinte de ces lobes suffit donc à l'exercice de leurs fonctions. A mesure que ce retranchement s'opère, toutes les fonctions s'affaiblissent et s'éteignent graduellement ; et, passé certaines limites, elles sont tout à fait

(1) Ouvrage cité, p. 99.

éteintes. Les lobes cérébraux concourent donc par tout leur ensemble à l'exercice plein et entier de leurs fonctions. Enfin, dès qu'une perception est perdue, toutes le sont ; dès qu'une faculté disparaît, toutes disparaissent. Il n'y a donc point de siéges divers ni pour les diverses facultés, ni pour les diverses perceptions. La faculté de percevoir, de juger, de vouloir une chose, réside dans le même lieu que celle d'en percevoir, d'en juger, d'en vouloir une autre ; et, conséquemment, cette faculté essentiellement une réside essentiellement dans un seul organe. »

S'il fallait encore une autre preuve à l'appui de cette vérité que les facultés n'ont point de siéges isolés, on la trouverait dans une nouvelle expérience non moins intéressante que la précédente : M. Flourens enlève par couches successives une partie des lobes cérébraux ; il s'arrête aussitôt que l'opération a amené la perte de tous les sens et toutes les facultés intellectuelles. Au bout de quelques jours, l'animal mutilé commence à réacquérir la vue, l'ouïe, la mémoire, et dès qu'il a recouvré l'une de ces facultés, il les a recouvrées toutes. Le fait de la non-localisation des diverses facultés est donc incontestable ; sa démonstration est le plus terrible coup qu'on puisse porter à la phrénologie.

Les hémisphères cérébraux étant les organes de l'intelligence, on conçoit que celle-ci sera d'autant plus développée que ces hémisphères seront plus volumineux. On remarque effectivement qu'à partir de l'espèce humaine la masse de l'encéphale, et spécialement celle du cerveau, décroissent à mesure que l'intelligence devient obtuse ; cependant on tomberait dans une grave erreur si l'on voulait juger du degré d'intelligence de chaque animal par le volume de son cerveau. Il est facile de voir, en jetant les yeux sur le tableau suivant, que nos seules espèces domestiques seraient mal classées sous le rapport psychologique si elles l'étaient d'après le poids de leur encéphale comparé à celui du corps.

TABLEAU *indiquant le poids de l'encéphale et de la moelle épinière dans ses rapports avec celui du corps.*

ANIMAUX.	Poids du corps.	Poids du cerveau.	Poids du cervelet.	Poids du mésocéphale et de la moelle allongée.	Poids total de l'encéphale.	Poids de la moelle épinière.	Poids total de l'encéphale et de la moelle épinière.	Rapport entre le poids de l'encéphale et le poids du corps.	Rapport entre le poids de l'axe cérébro-spinal et le poids du corps.
Cheval entier.	382,000	494	76	46	616	304	920	:: 1 : 620	:: 1 : 415
Cheval hongre.	380,000	559	77	39	675	300	975	:: 1 : 563	:: 1 : 389
Jument. . . .	408,000	510	71	34	615	269	884	:: 1 : 663	:: 1 : 461
Ane.	175,000	316	45	24	385	159	544	:: 1 : 454	:: 1 : 321
Bardeau. . . .	186,000	466	67	31	564	198	762	:: 1 : 329	:: 1 : 244
Taureau. . . .	293,000	403	52	33	488	177	665	:: 1 : 600	:: 1 : 441
Vache.	332,000	416	44	30	490	225	715	:: 1 : 677	:: 1 : 464
Bélier.	46,000	112	15	10	137	52	189	:: 1 : 336	:: 1 : 243
Chèvre	37,500	95	15	12	125	48	173	:: 1 : 300	:: 1 : 217
Porc gras. . .	157,500	132	18	12	162	70	232	:: 1 : 972	:: 1 : 679
Truie maigre.	74,000	85	11	9	105	44	149	:: 1 : 705	:: 1 : 497
Chien.	7,450	56	8	4	68	13	81	:: 1 : 110	:: 1 : 92
Chat	2,342	20	4	2	26	7	33	:: 1 : 90	:: 1 : 71
Lapin.	2,135	»	»	»	8,5	4	12,5	:: 1 : 251	:: 1 : 171

Ainsi, d'après ce tableau, le chat serait placé en première ligne, puis le chien, le lapin, la chèvre, le bélier et l'âne. Le cheval, si intelligent, ne viendrait qu'à la suite des plus obtus de tous les solipèdes; du plus stupide de tous les ruminants et serait à peu près sur le même rang que le bœuf et la vache ; enfin, le porc occuperait le dernier degré de cette échelle. Évidemment, une classification aussi vicieuse indique assez que le volume de l'encéphale ne peut faire apprécier exactement le degré d'intelligence de chaque espèce. D'ailleurs il il suffit de réfléchir un peu aux chiffres donnés par Haller, Cuvier et Leuret, pour se convaincre que les animaux sauvages ne seraient pas mieux classés que les précédents s'ils l'étaient d'après le poids de leur cerveau comparé à celui du corps. L'éléphant, par exemple, se trouverait bien au-dessous du cerf et du chevreuil ; le loup, le renard, au-dessous de la souris, du rat et de la taupe ; les mammifères en général, au-dessous d'un grand nombre d'oiseaux (1).

La forme du cerveau, l'aspect, le nombre et la profondeur des circonvolutions ne sauraient pas plus que son volume servir à déterminer exactement l'étendue de l'intelligence propre à chaque animal. Les parties antérieures de cet organe qui seraient, d'après Gall et M. Bouillaud, plus spécialement affectées aux opérations intellectuelles, ne sont pas toujours plus développées dans les espèces qui se rapprochent de l'homme que dans les autres : elles sont souvent étroites dans les premières, comme le chien et le renard, tandis qu'elles sont larges dans les secondes, comme le mouton, la chèvre et le bœuf. Les circonvolutions, si bien marquées chez l'homme et une infinité d'animaux intelligents, le sont à peine chez certaines espèces heureusement douées sous le rapport psychologique ; elles ne peuvent donner que des approximations vagues sur la valeur desquelles il ne faut pas trop compter. Bien qu'en résumé, ni le poids de l'encéphale, ni les proportions des parties antérieures des hémisphères, ni la multiplicité et la profondeur des circonvolutions ne puissent conduire à établir une série où les animaux seraient placés dans l'ordre de leur intelligence relative, il est incontestable, d'une manière générale, que le poids du cerveau est d'autant plus considérable et ses circonvolutions d'autant mieux dessinées, que les espèces animales jouissent d'une plus grande somme d'intelligence.

Tel est le rôle des lobes cérébraux envisagés en masse ; il reste à voir si quelques unes de leurs parties n'ont pas des fonctions distinctes de celles qu'exécute l'ensemble de l'organe.

Le *corps calleux*, qui réunit les deux hémisphères, est l'apanage exclusif des mammifères ; les oiseaux, les reptiles et les poissons en sont dépourvus. Lapeyronie le regardait comme le siége de l'âme, et Saucerotte, ayant observé que sa section produisait une secousse violente suivie de la perte immédiate du sentiment, adopta la même opinion. Treviranus, se basant sur des considérations purement spéculatives, le considéra comme l'agent chargé d'établir une relation intime entre les deux hémisphères, de laquelle résulterait l'unité de leurs opérations ; mais ce ne sont là que des hypothèses. Les physiologistes modernes ont essayé de déterminer si cette partie de l'encéphale avait réellement un rôle spécial : Lorry, M. Flourens, M. Magendie, ont irrité et détruit le corps calleux sans qu'il en résultât de convul-

(1) Voyez Cuvier, *Anatomie comparée*, 2e édit., t. III, p. 77 et suiv.

sions ; M. Longet (1) l'a incisé dans toute sa longueur sur des chiens et des lapins : ces animaux n'ont pas éprouvé de douleur lors de l'opération, ils ont souvent continué à se tenir debout, à marcher ou à courir comme auparavant ; enfin celle-ci n'a été suivie ni de convulsions, ni de la perte de la sensibilité. J'ai fait la même expérience sur deux chevaux : l'un est resté très peu de temps debout et s'est jeté à la renverse, après avoir éprouvé quelques mouvements convulsifs dans l'œil ; l'autre a éprouvé un affaiblissement considérable, quelques instants après la section, et s'est laissé tomber sur le côté ; aucun n'a eu de convulsions. Le corps calleux ne paraît donc pas jouir de propriétés, ni remplir des fonctions différentes de celles du reste des hémisphères.

Les *corps striés*, qui existent dans tous les vertébrés, les poissons exceptés, offrent leur maximum de développement chez les oiseaux. Leurs usages ne sont pas parfaitement déterminés. Willis en faisait l'aboutissant des sensations et le point de départ des mouvements volontaires ; Saucerotte les regardait comme tenant sous leur dépendance les mouvements des membres postérieurs ; M. Magendie (2) leur assigne un rôle tout particulier fort remarquable : il prétend qu'il existe chez les mammifères et les oiseaux deux forces diamétralement opposées, l'une qui excite les animaux à se porter en avant, et qui a son siége dans le cervelet et peut-être dans la moelle allongée, l'autre qui les porte à se mouvoir en arrière ou à reculer, et qui a son point de départ dans les corps striés. Lorsque l'équilibre entre ces deux forces vient à être rompu par la lésion du cervelet ou par celle des corps striés, les mouvements sont modifiés dans le sens de la force devenue prédominante. Ainsi, quand les corps striés sont détruits, la force qui tend à pousser en arrière étant annihilée, l'autre agit seule et entraîne le corps en avant. « Aussitôt l'animal s'élance dans cette direction et court avec rapidité ; s'il s'arrête, il conserve l'attitude de la fuite : on dirait que l'animal est poussé en avant par une puissance à laquelle il ne peut résister ; dans cette course rapide, il passe quelquefois par-dessus les obstacles qu'il rencontre. » M. Magendie a trouvé, en faveur de sa manière de voir, un argument dans le fait des chevaux immobiles qui ne peuvent point reculer comme chacun le sait, et qui une fois emportés ont même beaucoup de peine à s'arrêter ; il a rencontré dans les grands ventricules de ces animaux un épanchement de sérosité qui avait comprimé les corps striés et quelquefois altéré leur surface. Il n'y aurait rien à objecter au savant physiologiste si toutes les expériences concordaient avec les siennes et si l'explication de l'immobilité était vraie dans toutes les circonstances.

Mais d'abord est-il bien démontré que les chevaux immobiles soient portés en avant par une impulsion irrésistible, ou même qu'ils aient une tendance plus marquée que les autres à se mouvoir dans ce sens ? N'est-il pas, au contraire, probable qu'il n'y a chez eux qu'impossibilité ou extrême difficulté à reculer ? Ensuite, à supposer que l'épanchement, par sa compression sur les corps striés, détermine l'immobilité, cet épanchement est-il constant ? Or M. Magendie est peut-être le seul qui l'ait observé dans cette circonstance. Enfin, les expériences par lesquelles

(1) *Traité de physiologie*, t. II, p. 233.
(2) *Précis élémentaire de physiologie*, 4e édit., t. I, p. 404.

le rôle des corps striés avait été ainsi déterminé, ont été répétées sans donner des résultats semblables aux précédents : M. Longet n'a pas vu les lapins qu'il avait privés de leurs corps striés se porter en avant plus que d'habitude ; ces animaux restaient au contraire en repos ; une forte excitation suffisait à peine pour les mettre en mouvement et quelquefois en fuite, mais bientôt ils s'arrêtaient et retombaient dans une immobilité à peu près complète ; d'où il a conclu que la force motrice admise par M. Magendie dans les corps striés était une force purement imaginaire. J'ai piqué, avec un stylet d'acier en forme de fer de lance, un des corps striés du cheval : l'animal n'a rien présenté de particulier dans les douze heures qui ont suivi la piqûre : il avançait, reculait et tournait, soit à droite, soit à gauche, comme auparavant, et toutes les fois qu'on l'y sollicitait. Après ce temps, trois nouvelles piqûres furent faites sur le même corps strié, et immédiatement après, le solipède faiblit sur les membres postérieurs qui furent frappés de paralysie ; on lui soutint le train de derrière avec une traverse passée sous le ventre et il marcha assez facilement ; ses membres antérieurs se mouvaient parfaitement ; ses membres postérieurs traînaient sur le sol ; quand on cessait de le soutenir, il tombait ; mais alors, chose singulière, les extrémités paralysées semblaient retrouver leurs forces pour contribuer à le relever ; quand on voulait le faire reculer, il tombait également ; enfin la faiblesse des extrémités postérieures se dissipa, et il put se tenir debout sans le secours d'aucun appui étranger. A l'autopsie, il fut constaté que le corps strié, et le corps strié seul, avait été atteint par le stylet. Ce fait n'est donc pas non plus favorable à l'hypothèse de la force motrice du corps strié : bien d'autres sont dans le même cas. Il n'est pas rare, par exemple, de trouver des concrétions du plexus choroïde qui viennent comprimer ces parties : tout le monde en a vu ; j'en ai rencontré moi-même une de la grosseur d'une amande dans le plexus choroïde droit d'un cheval, et deux autres presque aussi volumineuses, une de chaque côté, dans le cerveau d'un second cheval. Ces deux sujets, qui ne furent point examinés avec soin avant leur mort, puisqu'on ne pouvait soupçonner l'existence de ces concrétions, ne se firent pas remarquer par une tendance invincible à se porter en avant. Du reste, dans le vertige abdominal où cette tendance est si prononcée, trouve-t-on des lésions de ces parties qui puissent expliquer cette tendance si énergique et si constante ?

Les *couches optiques* n'ont pas de fonctions mieux déterminées que celles des corps striés. Ces parties sont, d'après M. Flourens, insensibles et non excitables, c'est-à-dire que leur lésion ne produit ni douleur, ni contractions musculaires. L'action qu'elles exercent sur les mouvements volontaires est croisée chez les mammifères et les oiseaux ; elle est directe chez les reptiles : aussi, quand l'une d'elles est détruite, les premiers tournent du côté opposé à la lésion, et les seconds, du côté même de celle-ci (1). M. Serres, qui a constaté expérimentalement que leur irritation ou leur ablation produit une paralysie des extrémités antérieures, admet que ces couches sont les organes incitateurs des mouvements des membres thoraciques ; mais M. Longet (2), n'ayant pas vu que la paralysie fût plus prononcée dans

(1) *Recherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux*, p. 52.
(2) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. I, p. 502.

les membres antérieurs que dans les postérieurs, repousse cette manière de voir, tout en regardant les couches optiques comme des foyers d'innervation locomotrice.

La *voûte à trois piliers*, les *cornes d'Ammon*, les *ventricules cérébraux*, la *glande pituitaire*, ont leurs fonctions tout à fait inconnues, à supposer qu'ils en possèdent de particulières. La voûte à trois piliers a été considérée comme servant, ainsi que le corps calleux, à établir une liaison fonctionnelle entre les deux hémisphères cérébraux ; les cornes d'Ammon, comme ayant certains rapports avec l'exercice de la mémoire ; la glande pituitaire, comme destinée à sécréter un fluide spécial, etc. Mais ce ne sont là que des hypothèses sur lesquelles il est inutile de s'arrêter.

Telles sont les propriétés et les fonctions des lobes cérébraux et de leurs parties essentielles. D'une part, ces lobes, s'ils sont sensibles, ne le sont que très peu. Leur lésion ne détermine pas de convulsions ; d'autre part, ils ont sur les mouvements une action croisée dont la cause sera indiquée plus tard ; enfin, ils sont le siége des perceptions, des instincts, de l'intelligence et de la volonté ; leur destruction entraîne la perte des sens, de toutes les facultés psychologiques et soustrait les mouvements à l'influence des déterminations volontaires.

II. DU CERVELET.

Le cervelet est considéré comme insensible : MM. Flourens, Magendie, Bouillaud, Hertwig, Longet, ont constaté que les piqûres, les sections, la destruction partielle ou totale de sa substance ne produisent ni douleur ni convulsions. J'ose à peine exprimer une opinion contraire à celle de tant d'habiles physiologistes ; cependant je dois dire que, dans plusieurs expériences faites sur le cheval, de simples piqûres à la surface de l'organe ont donné lieu à une douleur manifeste, quoique assez faible. Il est évident que ceux qui ont vu l'irritation de cet organe développer une vive douleur, accompagnée de secousses musculaires, lésaient, en même temps que le cervelet, le moelle allongée dont la sensibilité et l'excitabilité sont exquises.

La détermination du rôle de cette partie de l'encéphale a vivement excité l'attention des physiologistes : Willis regardait le cervelet comme le principe des mouvements involontaires, notamment des contractions du cœur et des viscères à tuniques musculeuses, opinion qui ne repose sur aucun fondement ; Pourfour du Petit, Dugès, le considéraient comme un organe présidant à la sensibilité. Rolando (de Turin), se basant sur des expériences nombreuses, a essayé d'établir que le cervelet est le point de départ des mouvements volontaires, et que son action est analogue à celle d'une pile galvanique. On va voir que cet expérimentateur s'est trompé sur les faits et sur leur interprétation, attendu que les mouvements persistent après la destruction du cervelet, et que rien ne prouve la prétendue analogie qui existerait entre l'action de cette partie et celle de la pile : il faut arriver aux expériences de M. Flourens pour trouver les véritables fonctions de cet organe.

« J'ai supprimé, dit-il (1), par couches successives le cervelet d'un pigeon. Durant l'ablation des premières couches, il n'a paru qu'un peu de faiblesse et de

(1) Ouvrage cité, p. 37.

manque d'harmonie dans les mouvements. Aux moyennes couches, il s'est manifesté une agitation universelle, bien qu'il ne s'y mêlât aucun signe de convulsion ; l'animal opérait des mouvements brusques et déréglés ; il entendait et voyait. Au retranchement des dernières couches, l'animal, dont la faculté de sauter, de voler, de marcher, de se tenir debout, s'était de plus en plus altérée par les mutilations précédentes, perdit entièrement cette faculté. Placé sur le dos, il ne savait plus se relever. Loin de rester calme et d'aplomb, comme il arrive aux pigeons privés des lobes cérébraux, il s'agitait follement et presque continuellement, mais il ne se mouvait jamais d'une manière ferme et déterminée. Par exemple, il voyait le coup qui le menaçait, voulait le fuir, faisait mille contorsions pour l'éviter et ne l'évitait pas. Le plaçait-on sur le dos, il n'y voulait pas rester, s'épuisait en vains efforts pour se relever et finissait par y rester malgré lui. Finalement la volition, les sensations, les perceptions persistaient : la possibilité d'exécuter des mouvements d'ensemble persistait aussi, mais la *coordination de ces mouvements* en mouvements de locomotion réglés et déterminés était perdue. »

M. Flourens a constamment observé les mêmes phénomènes à la suite de la destruction du cervelet. Lorsqu'elle ne porte que sur les parties superficielles, il se manifeste un peu de faiblesse, d'indétermination et un léger défaut d'harmonie dans les mouvements. L'animal se tient encore debout, il marche irrégulièrement, vole avec assez de facilité. Une fois que les couches plus profondes sont intéressées, la station devient fort difficile ; l'animal ne peut plus se tenir debout à l'aide de ses pattes ; il faut qu'il s'appuie sur ses ailes, et sur sa queue ; souvent, malgré ce secours, il ne peut conserver longtemps une pareille attitude. Les divers mouvements qu'il effectue pour se déplacer sont incohérents, désordonnés ; sa marche est chancelante, indécise, mal assurée, bizarre : elle ressemble à celle d'un homme ivre, et ne peut se faire qu'autant que les ailes et la queue viennent en aide aux pattes, pour fournir des points d'appui à l'animal. Le vol est irrégulier ; l'oiseau ne peut plus se diriger comme il veut ; il roule sur lui-même, recule au lieu d'avancer, se dirige parfois à droite quand il cherche à s'élancer à gauche, heurte l'objet qu'il tend à éviter. Si la destruction de l'organe est complète, l'animal ne peut plus ni se tenir debout, ni marcher, ni voler : mis sur le dos, il fait des efforts inouïs pour se relever, sans y réussir ; il s'agite continuellement, roule sur lui-même ; se débat pour prendre une autre position, s'épuise et garde enfin celle que le hasard lui a donnée. Les mêmes particularités se reproduisent sur les mammifères. Leur marche est chancelante et en zigzag ; ils se meuvent irrégulièrement, ne peuvent plus éviter les objets, se heurtent contre les obstacles placés sur leur route.

Pendant que tous ces phénomènes remarquables se produisent, l'animal conserve la sensibilité et l'usage de tous ses sens ; il voit, entend, s'effraie des menaces, fait les plus bizarres contorsions, s'abandonne à l'agitation la plus fougueuse pour les éviter ; ses facultés intellectuelles ne sont pas sensiblement altérées, et s'il continue à vivre, après la mutilation, les mouvements conservent leurs caractères nouveaux ; ils ne reprennent leur régularité première qu'autant que la lésion du cervelet est légère.

Par tous ces résultats, que j'ai eu le plaisir de voir reproduits aux leçons de

M. Flourens (1), ce savant physiologiste démontre que le cervelet est le siége de la faculté coordinatrice des mouvements volontaires ou l'agent qui les harmonise et les associe. Cette faculté est distincte de celle qui excite les mouvements et de cette autre qui les commande : la première réside dans le cervelet, la seconde dans la moelle allongée et la moelle épinière, la troisième dans les hémisphères cérébraux. Néanmoins cette faculté régulatrice n'étend pas son influence sur tous les mouvements; il en est quelques uns appelés de conservation qui paraissent en être indépendants.

J'ai essayé de répéter sur les solipèdes ces expériences qui rendent si évidentes les fonctions du cervelet en ce qui concerne les mouvements. Ayant mis à découvert cet organe, sur un cheval de trait, par l'enlèvement de la partie supérieure de l'occipital, j'ai enfoncé un scalpel dans son lobe moyen et assez peu profondément pour ne pas arriver jusqu'à la moelle allongée ; alors l'animal a secoué la tête, mais il n'a point éprouvé de convulsions. Après une seconde et une troisième piqûre, sa démarche est devenue chancelante, il écartait les membres, se campait à la fois sur ceux de devant et sur ceux de derrière pour mieux conserver son équilibre. Lorsqu'il marchait, on voyait son corps se balancer alternativement à droite et à gauche, comme si à chaque pas il eût voulu se laisser tomber. Bientôt il manifesta une tendance très marquée à se porter en avant et prit l'attitude du cheval qui donne un vigoureux coup de collier pour franchir une côte ou sortir d'une ornière. A ce moment sept ou huit élèves avaient de la peine, en lui tirant sur la queue, de l'empêcher d'avancer. Une nouvelle piqûre fit fléchir les membres et détermina la chute du solipède. Un second cheval eut le cervelet piqué à travers une ouverture de trépan faite avec beaucoup de peine ; il présenta les mêmes phénomènes que le précédent, moins la tendance à se porter en avant ; il voyait, entendait très bien, avançait, reculait, tournait à droite ou à gauche, quand il y était sollicité, et n'exécutait aucun mouvement convulsif.

L'action du cervelet sur les mouvements est encore remarquable par son effet croisé semblable à celui que produisent les hémisphères cérébraux. Aussi, quand on détruit une de ses parties latérales, il survient une faiblesse plus ou moins prononcée du côté opposé à la lésion, tandis que lorsque la lésion porte sur le lobe moyen, la faiblesse est égale des deux côtés. Une expérience de M. Magendie (2) semble cependant indiquer que l'action croisée ne s'étend pas aux pédoncules cérébelleux : « L'un d'eux étant coupé, aussitôt l'animal se met à rouler latéralement sur lui-même comme s'il était poussé par une force assez grande ; la rotation se fait du côté où le pédoncule est coupé, et quelquefois avec une telle rapidité, que l'animal fait plus de soixante révolutions dans une minute. » Ce mouvement singulier se continue presque sans interruption pendant des jours entiers ; il ne s'arrête que par des obstacles mécaniques : souvent alors les animaux tiennent leurs pattes en l'air et mangent dans cette attitude.

Le cervelet n'a-t-il d'autre fonction que celle de coordonner les mouvements volontaires ?

M. Magendie, frappé de la tendance à reculer que manifestent les animaux privés

(1) *Muséum d'histoire naturelle*, 1851.
(2) *Précis élémentaire de physiologie*, 4e édit., t. I, p. 410.

de leur cervelet, tendance constatée, du reste, par beaucoup d'expérimentateurs, a prétendu que cet organe est le siége d'une force qui porte les animaux à se mouvoir en avant, laquelle se trouve équilibrée dans l'état normal par la force inverse ou de rétrocession qu'il avait admise dans les corps striés. Une fois celle du cervelet détruite, la tendance au recul n'étant plus contre-balancée, l'animal est entraîné en arrière et marche plus ou moins rapidement dans cette direction. M. Magendie (1) a vu des pigeons dont le cervelet était blessé, voler en arrière, et il a conservé pendant plus de huit jours un canard qui, par suite de cette mutilation, n'exécutait d'autre mouvement de translation que le recul. L'interprétation donnée à ces faits, bien qu'en apparence très rationnelle, est passible de plusieurs objections. D'abord M. Magendie a vu le mouvement rétrograde survenir après une lésion assez légère de la moelle allongée, comme après la destruction partielle ou totale du cervelet. Aussi admet-il que cette force hypothétique a son point de départ soit dans l'un, soit dans l'autre de ces deux organes : sa localisation est donc un peu vague; elle me le paraît encore davantage depuis que j'ai noté que les piqûres des pédoncules cérébraux, des tubercules bigéminés et du mésocéphale produisent aussi chez les solipèdes un recul de quelques pas suivi d'une chute à la renverse. Ensuite la progression rétrograde ne se montre pas constamment à la suite des lésions du cervelet; du moins MM. Longet et Flourens ne l'ont pas toujours constatée. Ces lésions développent même, au contraire, quelquefois une tendance très prononcée à la propulsion, ainsi que je l'ai dit tout à l'heure.

Gall a fait du cervelet l'organe de l'amour physique ou de l'instinct de reproduction. Il appuie son opinion, d'une part, sur la prépondérance de volume que cet organe offrirait chez les mâles, les sujets entiers, relativement aux femelles et aux animaux ayant subi la castration; d'autre part, sur plusieurs cas pathologiques dans lesquels on aurait constaté une lésion du cervelet coïncidant avec le priapisme et des tendances très prononcées à la propagation ; enfin, sur certains faits qu'il n'est pas nécessaire d'indiquer ici.

Les considérations et les faits invoqués par Gall à l'appui de ses idées sont loin d'être exacts. D'abord, en ce qui concerne la prépondérance du volume du cervelet, Leuret s'est assuré, par des expériences comparatives, que cet organe dans le cheval hongre est plus lourd que dans la jument, et plus encore chez celle-ci que chez le cheval entier : la différence irait même jusqu'à un sixième en faveur du premier. En second lieu, la coïncidence du priapisme avec une excitation du cervelet, coïncidence dont M. Serres a rapporté plusieurs exemples, ne prouve pas péremptoirement que cet organe soit le siége de l'instinct reproducteur, puisque l'irritation de la moelle allongée et de la moelle épinière s'accompagne quelquefois, chez le chien, par exemple, d'érection et d'émissions spermatiques, ainsi que j'ai eu l'occasion d'en faire la remarque déjà indiquée par Ségalas et d'autres. Du reste, beaucoup de faits signalés depuis n'ont pas une signification bien précise ; les mouvements oscillatoires de la verge des bœufs assommés par des coups sur l'occiput sont de simples mouvements convulsifs qui tiennent bien plus à la compression de la moelle allongée qu'à la dilacération du cervelet ; l'érection que M. Serres a déterminée, en fendant le cervelet d'un cheval, n'est pas un phénomène constant. Il m'a été impossible de la

(1) *Précis élémentaire de physiologie*, 4[e] édit., t. I, p. 409.

provoquer, et encore moins l'éjaculation, sur plusieurs chevaux auxquels j'avais blessé le cervelet en divers points et à diverses profondeurs.

Si l'opinion de Gall était fondée, les animaux qui ne s'accouplent pas, comme les poissons, devraient avoir le cervelet plus petit que les espèces vivipares chez lesquelles il y a rapprochement des sexes. Or on sait que les premiers ont un cervelet qui n'est ni plus petit ni plus simple que celui des seconds ; enfin, si elle était vraie, les instincts reproducteurs seraient anéantis par la destruction de cet organe ; or ces instincts survivent à cette destruction : M. Flourens a vu un coq chercher à cocher les poules après cette mutilation, et M. Calmeil a constaté aussi sur les reptiles la persistance des impulsions reproductrices dans la même circonstance.

Ainsi, en résumé, le cervelet est insensible, les irritations ou la destruction de sa substance ne déterminent pas de mouvements convulsifs ; son ablation partielle, si elle porte sur une partie latérale, détermine de la faiblesse du côté opposé ; la section d'un de ses pédoncules produit un mouvement circulaire dans lequel l'animal roule sur lui-même ; son ablation complète rend la marche, le vol et tous les autres mouvements progressifs à peu près impossibles. Il paraît bien être l'organe de la coordination des mouvements ; mais peut-être n'est-ce pas là son seul rôle. Dans tous les cas, rien ne prouve qu'il soit l'organe de l'instinct de propagation.

III. DE LA MOELLE ALLONGÉE.

Bien que la moelle allongée ou bulbe rachidien se continue, sans nulle démarcation précise, avec la moelle épinière, et qu'elle ne paraisse différer de celle-ci que parce qu'elle est renfermée dans le crâne au lieu d'être contenue dans le canal vertébral, elle constitue cependant une partie très distincte par son rôle que l'analyse expérimentale est parvenue à mettre en évidence. C'est ce rôle qu'il s'agit maintenant de déterminer, en même temps que celui du mésocéphale, des tubercules bigéminés, des pédoncules cérébraux et cérébelleux que l'on peut regarder comme des dépendances de la moelle allongée.

Le bulbe rachidien étant constitué par des faisceaux continus à ceux de la moelle épinière, il est naturel de penser qu'il doit réunir les propriétés particulières à chacun de ces derniers, c'est-à-dire être sensible et susceptible d'exciter des contractions musculaires : sensible par ses faisceaux supérieurs, moteur par ses faisceaux inférieurs. En effet, il jouit de ces deux propriétés : dès qu'on l'irrite, il se manifeste une vive douleur, il survient des convulsions universelles « qui rendent la station, la marche, le vol et tous les mouvements progressifs réguliers impossibles, » et dès qu'on le déchire, la mort ne tarde pas à mettre fin aux convulsions.

Son action est directe au lieu d'être croisée comme celle du cerveau et du cervelet : les expériences le démontrent ; l'anatomie l'explique en faisant voir que l'entrecroisement des faisceaux du bulbe s'effectue seulement en avant au point où ils se continuent avec les pédoncules cérébraux. Mais ce point, d'abord mal déterminé, a fini par devenir un sujet de contestation. Lorry avait cru que les piqûres de cette partie produisaient des convulsions du côté irrité et une paralysie du côté opposé ; il s'était trompé, parce qu'il piquait en même temps, ainsi que l'a fait remarquer M. Flourens, le cervelet dont l'action est croisée, et le bulbe dont l'effet

est direct : pour la lésion du premier, il y avait paralysie du côté opposé à la piqûre ; pour la lésion du second, il y avait convulsion du côté même de cette piqûre. La moelle allongée a toujours une action directe dans le développement des convulsions et de la paralysie ; elle entraîne celles-là quand elle est faiblement irritée, et celle-ci quand elle est en partie détruite.

Le bulbe rachidien joue un rôle important dans les fonctions nerveuses, tout à la fois par son action propre et par l'influence qu'il exerce sur les fonctions des autres parties. Il constitue en quelque sorte un centre duquel émanent plus ou moins directement tous les nerfs encéphaliques moteurs, sensitifs ou mixtes (fig. 1). C'est de ce centre que partent des influences motrices, c'est à lui qu'aboutissent des impressions sensitives, et c'est par son intermédiaire que les opérations de l'encéphale sont liées à celles de la moelle épinière : il ne peut être lésé sans que les fonctions des autres parties du système soient troublées ; il ne peut être détruit sans que l'action de ces dernières vienne à s'annihiler plus ou moins complétement. Lorsqu'on enlève le cerveau, le cervelet continue à coordonner, à équilibrer les mouvements ; lorsqu'on détruit le cervelet, les lobes cérébraux continuent à percevoir les impressions, à effectuer les opérations instinctives et intellectuelles. « On peut même, dit M. Flourens (1), enlever à la fois les lobes cérébraux et le cervelet, la moelle allongée n'en détermine pas moins par elle-même, et par elle seule, tous les mouvements de respiration ; mais dès qu'on touche à la moelle allongée, l'action de toutes les autres parties s'éteint : elle forme donc le point central, le lien commun, le *nœud* qui unit toutes les parties du système nerveux entre elles. » De plus, elle préside spécialement aux mouvements respiratoires.

Galien (2) avait déjà noté qu'il y a, vers l'origine de la moelle épinière, un point dont la section anéantit instantanément la respiration et la vie ; Lorry et Legallois firent la même remarque et essayèrent de déterminer ce point que les recherches de M. Flourens ont précisé avec une grande rigueur. Le premier le plaçait entre la deuxième et la troisième vertèbre cervicale ; le second, vers l'origine des nerfs pneumo-gastriques. Ce dernier avait dit juste, mais sa détermination n'était pas suffisamment précise. Voici les principales expériences par lesquelles M. Flourens est arrivé à limiter le point en question. 1° Le cerveau, le cervelet et les tubercules quadrijumeaux sont enlevés à un lapin ; aussitôt perte des sens, des facultés intellectuelles, des mouvements coordonnés ; néanmoins l'animal continue à vivre et respire bien. Alors la moelle allongée est emportée par tranches successives d'avant en arrière : aux dernières tranches, la respiration, qui était devenue de plus en plus pénible, se suspend instantanément. 2° A un second lapin, le cerveau, le cervelet, les tubercules sont détruits, sans que la respiration soit affaiblie ; puis la moelle allongée est emportée tout d'un coup, et tout d'un coup aussi la respiration est éteinte. 3° Sur d'autres mammifères ou oiseaux, mêmes mutilations, mêmes résultats : toujours la destruction du cerveau, du cervelet et des tubercules bigéminés laisse persister la respiration ; toujours l'enlèvement de la moelle allongée l'éteint subitement, ainsi que je l'ai vu plusieurs fois sur le cheval, le taureau.

(1) *Recherches sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, p. 191.
(2) Cité par M. Longet, *Traité de physiologie*, t. II, p. 204.

Fig. 1.

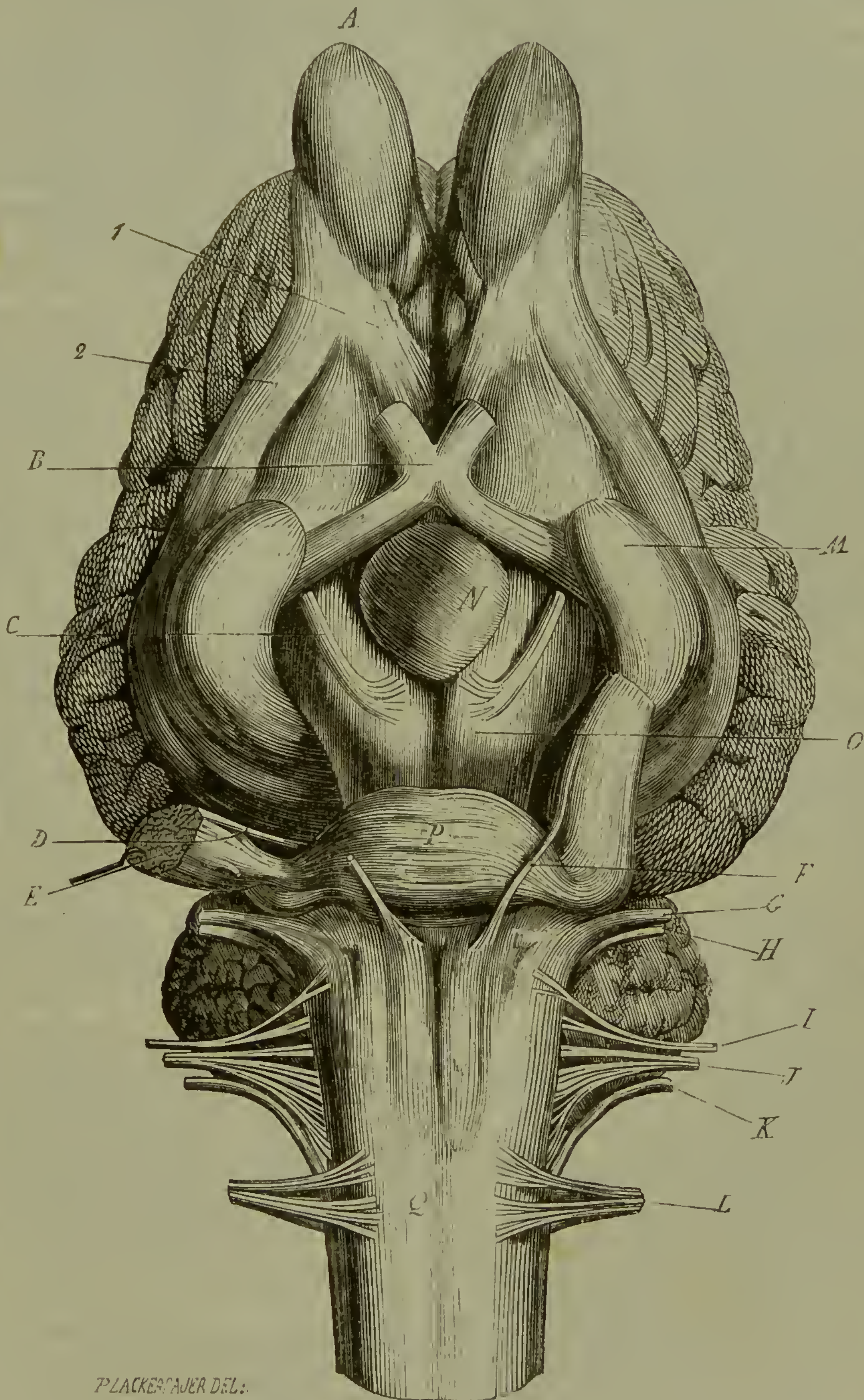


Fig. 1. — *Encéphale du cheval vu par sa face inférieure.*

A. Couche olfactive.
1. Racine interne de la couche olfact.
2. Racine externe de cette couche.
B. Chiasma des nerfs optiques.
C. Nerf oculo-moteur commun.
D. Nerf oculo-moteur interne.
E. Trifacial.
F. Oculo-moteur externe.
G. Facial.
H. Nerf acoustique.
I. Glosso-pharyngien.
J. Pneumo-gastrique.
K. Accessoire de Willis.
L. Hypoglosse.
N. Glande pituitaire.
O. Un des pédoncules cérébraux.
P. Protubérance annulaire.
Q. Moelle allongée.

4° Sur d'autres, enfin, la moelle épinière est détruite ou simplement coupée en travers, de son extrémité inférieure vers son extrémité céphalique, etc. Cette fois, le jeu des côtes cesse quand toute la moelle costale est détruite; celui des côtes et du diaphragme quand la destruction arrive en deçà des nerfs diaphragmatiques; enfin, celui des côtes, du diaphragme et de la glotte, quand la destruction parvient au niveau de la dixième paire; il ne subsiste plus alors que le jeu des narines. Il faut que la destruction arrive jusqu'au niveau de l'origine des nerfs vagues ou que la section soit faite à ce point pour que tous les mouvements soient abolis à la fois. Si cette dernière est pratiquée un peu en avant, tous subsistent dans le tronc ainsi que dans la tête, et l'animal ne meurt point.

La moelle allongée est donc, d'après M. Flourens, le premier moteur, le principe essentiel, primordial, l'agent excitateur et régulateur des mouvements respiratoires; c'est par elle « que ces mouvements s'unissent, qu'ils concourent avec un ordre si merveilleux à l'exécution du mécanisme respiratoire. Et, il y a plus, dans cette moelle se trouve un point central dont la division les anéantit tous... Il suffit qu'il demeure attaché à la moelle épinière pour que les mouvements du tronc persistent; il suffit qu'il demeure attaché à l'encéphale pour que ceux de la tête subsistent: divisé dans son étendue, il les anéantit tous; séparé des uns ou des autres, ce sont ceux dont il est séparé qui se perdent, ce sont ceux auxquels il reste attaché qui se conservent... Il est encore le point duquel toutes les autres parties du système nerveux dépendent, quant à l'exercice de leurs fonctions; c'est à ce point qu'il faut qu'elles soient attachées pour conserver l'exercice de ces dernières; il suffit qu'elles en soient détachées pour le perdre. Sa limite supérieure se trouve immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire, et sa limite inférieure trois lignes à peu près au-dessous de cette origine chez le lapin, un peu plus ou un peu moins suivant la taille des animaux... Mais, en définitive, c'est toujours d'un point unique, qui a quelques lignes à peine, que la respiration, l'exercice de l'action nerveuse, l'unité de cette action, la vie entière de l'animal, en un mot, dépendent (1). »

La localisation, sur le trajet de la moelle allongée, d'un point central où réside le principe régulateur des mouvements respiratoires n'est pas une fiction, comme on est porté à le croire, quand on voit la mort survenir instantanément, par suite de la section de la moelle, soit entre l'occipital et l'atlas, soit entre la première et la seconde vertèbre cervicale: car, dans ces deux cas, les mouvements et la vie du tronc seuls sont anéantis; les bâillements, les mouvements des narines persistent encore quatre, cinq, six minutes et plus après la section, comme Legallois en avait, du reste, déjà fait la remarque.

Comment la moelle allongée tient-elle ainsi sous sa dépendance tous les mouvements respiratoires et devient-elle leur principe excitateur? Serait-ce parce qu'elle donne naissance au pneumo-gastrique, au glosso-pharyngien, au facial et à quelques racines de l'accessoire de Willis? Charles Bell le croyait, et prétendait que ces nerfs, étrangers, pour lui, à la sensibilité générale et aux mouvements volontaires, partaient d'un cordon latéral de la moelle spécialement affecté à l'ensemble des

(1) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions*, etc., p. 202, 203 suiv.

nerfs de la respiration. Sans doute, cette opinion a quelque fondement, mais elle est loin de suffire à expliquer le rôle du bulbe dans ses rapports avec les phénomènes respiratoires. Le pneumo-gastrique, l'accessoire, le glosso-pharyngien et le facial peuvent être coupés sans que pour cela la respiration s'éteigne ; il est évident que la moelle allongée agit encore sur les nerfs auxquels elle ne donne point naissance, tels que les thoraco-musculaires, les intercostaux et les diaphragmatiques, mais on ne sait en quoi consiste l'action qu'elle exerce sur ces derniers.

La moelle allongée, indépendamment de son influence sur le mécanisme respiratoire, paraît encore avoir, sur les mouvements du cœur, une action remarquable signalée par M. Budge. Cette partie serait aussi le principe des contractions de l'organe central de la circulation : M. Budge a vu qu'en détruisant sur des grenouilles le bulbe tout entier ou seulement la région qui n'est point spécialement respiratoire, le cœur ralentit ses battements, et qu'en faisant passer un courant électrique par ce bulbe ou par les nerfs vagues, ces battements cessent sur-le-champ, tandis qu'ils persistent lorsque au lieu de diriger le courant sur la moelle allongée, on le fait passer par la moelle épinière. De tels résultats, obtenus sur des animaux dont le cœur peut se contracter si longtemps après qu'il a été soustrait à l'influence des centres nerveux, ont besoin d'être reproduits sur des mammifères et des oiseaux, pour qu'on puisse apprécier exactement l'interprétation qu'en a donnée le physiologiste anglais.

En somme, la moelle allongée, outre son rôle relatif à la respiration et aux mouvements du cœur, a encore celui de lier la partie céphalique avec la partie rachidienne du système nerveux, de servir à transmettre aux centres les impressions venues de la périphérie et de donner passage aux volitions qui commandent les contractions musculaires. Elle constitue un foyer central, un lien commun, selon les expressions de M. Flourens, qui établit l'unité du système.

La *protubérance annulaire*, qui prolonge en avant le bulbe rachidien, est une des parties excitables du système nerveux. D'après M. Longet, elle paraîtrait peu sensible à l'intérieur, mais d'une grande sensibilité à sa surface, surtout en arrière. Dans tous les cas, ses irritations provoquent des convulsions assez vives. Les expériences de M. Magendie (1) ont fait connaître une particularité fort remarquable qui s'observe après la lésion de cette partie. Lorsqu'on divise le pont de Varole par une section verticale, l'animal se met à exécuter un mouvement de rotation sur lui-même, semblable à celui qui résulte de la section d'un pédoncule du cervelet : la rotation s'effectue à gauche, quand la section est faite à gauche ; à droite, quand elle l'est à droite. Et si, après avoir fait à droite, par exemple, une section qui a déterminé un mouvement rotatoire, on vient à en faire une autre du côté opposé, sur-le-champ le mouvement cesse et ne se reproduit ni dans un sens ni dans l'autre. De ce fait M. Magendie conclut qu'il y a deux impulsions spontanées ou deux forces, l'une qui pousse à droite, l'autre à gauche, et qui s'équilibrent dans l'état normal. Ces deux forces, jointes à celle des corps striés qui pousse en arrière et à celle du cervelet qui pousse en avant, constituent les quatre impulsions cardinales qui régissent les mouvements des animaux. M. Flourens (2) a constaté

(1) *Précis élémentaire de physiologie*, t. I, p. 412, 4e édit.
(2) *Recherches sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, 2e édit., p. 189.

aussi, de son côté, que la section au pont de Varole fait tourner l'animal sur lui-même dans l'axe de sa longueur : de plus, en comparant le sens du mouvement avec la direction des fibres coupées et en étendant la comparaison aux parties dont la section entraîne des mouvements différents, il est arrivé à ce résultat curieux que le sens des mouvements est en rapport constant avec la direction des fibres de l'encéphale. Ainsi, la section de la protubérance, dont les fibres sont transversales, produit le mouvement de rotation ; celle du canal semi-circulaire horizontal ou transverse produit le même effet. La section des pédoncules cérébraux ou antérieurs, dont les fibres sont droites, détermine un mouvement plus ou moins précipité en avant ; de même pour le canal vertical ou antérieur. Enfin, celui des pédoncules postérieurs et rétrogrades du cervelet, comme celle du canal vertical postérieur, détermine une suite de culbutes en arrière.

Si, des résultats donnés par l'expérimentation, on cherche à conclure la fonction de la protubérance, on se trouve très embarrassé. Cette partie est sensible, les irritations produites à sa surface provoquent des convulsions, la section de ses fibres détermine un mouvement de rotation, mais tout cela ne donne pas la fonction. Mueller, MM. Serres, Gerdy, voyant, après l'ablation du cerveau et du cervelet, la sensibilité générale conservée, les douleurs perçues, certaines sensations effectuées quoique confuses et obscures, quelques déterminations spontanées ou volontaires manifestées assez clairement, pensent que le mésocéphale est un centre de perception et le siége de la faculté de sentir et de vouloir. Sans doute, rien ne tend à démontrer que cette partie soit étrangère à toutes ces fonctions ; néanmoins il n'y a pas dans les faits sur lesquels s'appuie l'opinion de ces physiologistes assez de raisons sérieuses pour faire du pont de Varole le centre des perceptions et des volitions que nous avons vues siéger à peu près exclusivement dans les hémisphères cérébraux : son action spéciale reste donc encore à débrouiller. Car, dire avec M. Longet (1) « que la protubérance est à la fois un centre de perception, un foyer producteur de force nerveuse motrice, un agent qui transmet au cerveau les impressions tactiles, et aux muscles l'action excitatrice émanée de ce dernier viscère », ce n'est pas assurément indiquer son rôle avec beaucoup de précision.

Les *tubercules quadrijumeaux* qui existent dans tous les animaux offrent de grandes variations quant à leur forme et à leur degré de développement. Très grands chez les poissons, ils sont au nombre de deux chez les reptiles et les oiseaux, de quatre chez les mammifères, et semblent, chez tous, donner naissance aux nerfs optiques, d'où le nom de *lobes optiques* qui leur a été donné par quelques auteurs.

La surface de ces parties paraît insensible. MM. Flourens et Longet l'ont trouvée impassible dans les mammifères ; ils ont pu l'irriter sans déterminer ni douleur ni contractions musculaires. Mais leurs couches profondes développent de la sensibilité et excitent des convulsions, pour peu qu'elles soient irritées. Lorsqu'on vient à enlever le tubercule d'un côté chez un oiseau, il se manifeste de la faiblesse du côté opposé, et souvent l'animal se met à tourner du côté du lobe enlevé, comme M. Flourens (2) l'a vu, même sur des mammifères, particularité qui est en con-

(1) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. I, p. 431.
(2) Page 142, *loc. cit.*

tradiction avec les effets ordinaires de l'action croisée; enfin, quand ces tubercules sont détruits d'un côté, la vue est perdue du côté opposé.

La seule fonction reconnue jusqu'à présent à ces parties, est de présider à l'action de la rétine et aux contractions de l'iris. Lorsque M. Flourens a détruit les tubercules à droite et à gauche, la vue a été totalement perdue et l'iris des deux yeux a cessé de se contracter. Lorsqu'il n'a détruit que les tubercules d'un seul côté, la vue a été perdue et les contractions de l'iris ont été abolies du côté opposé à la lésion. Dans tous les cas, cette ablation n'a apporté aucun trouble dans les facultés intellectuelles et n'a produit qu'une légère perturbation dans les mouvements. Les mêmes effets se produisent chez les mammifères et les oiseaux ; mais, chez les reptiles, les tubercules ont une action directe, la vue se perd du côté de la lésion, du moins suivant Desmoulins.

Les tubercules bigéminés ont probablement encore d'autres usages que ceux de régler l'action de la rétine et de l'iris, puisque, comme le fait judicieusement observer M. Longet, les animaux, qui, par suite de l'absence ou plutôt de l'atrophie du nerf optique, sont naturellement privés de la vue ou à peu près, possèdent cependant des tubercules très bien développés; or à quoi serviraient-ils, dans ce cas, si leur rôle était exclusivement relatif à la vision ?

Les *pédoncules cérébraux* ne paraissent pas avoir de fonctions spéciales. Constitués par les faisceaux sensitifs et moteurs de la moelle allongée, ils unissent celle-ci aux hémisphères cérébraux. Leur section produit, d'après M. Flourens, un mouvement en avant très précipité ; la section de l'un d'eux détermine, suivant M. Longet (1), un mouvement circulaire ou de manége du côté lésé vers le côté du pédoncule intact, mouvement qui prouve que ces parties ont une action croisée comme les lobes cérébraux, le cervelet et les tubercules bigéminés. J'ai constaté, sur le cheval, l'exactitude des observations de M. Longet. Ayant piqué avec un large stylet d'acier le pédoncule cérébral gauche, j'ai vu l'animal porter aussitôt la tête à droite, courber fortement l'encolure et tourner de ce côté pendant plusieurs heures. L'attitude que le solipède conserva et les mouvements qu'il fit à la suite de cette lésion étaient très remarquables : non seulement son cou était incurvé à droite, mais encore son corps était courbé si fortement dans ce sens, que la tête venait s'appliquer sur le flanc, et parfois sur la cuisse, comme si l'animal eût été ployé en deux ; ses membres étaient rapprochés en faisceaux, de sorte qu'en tournant, il pivotait sur lui-même, tant le cercle décrit était d'un diamètre peu considérable. Souvent l'animal en tournant tombait, et dès qu'il était couché, il donnait à son corps la même incurvation que pendant la station. Une fois relevé, il reprenait son mouvement circulaire ; si on l'appuyait, par le côté droit, contre un mur, il ployait sa tête entre le mur et la croupe, et restait immobile. Cet animal reculait bien, mais il ne pouvait ni avancer ni tourner à gauche; il présenta les mêmes phénomènes pendant la plus grande partie d'une nuit jusqu'au moment où il fallut le sacrifier. A l'autopsie, je m'assurai que le pédoncule gauche était profondément piqué dans sa partie moyenne. Le mouvement circulaire qui s'observe dans cette circonstance peut s'expliquer, soit en supposant une force qui entraîne l'animal d'un côté parce

(1) *Traité de physiologie*, t. II, p. 218.

qu'elle n'est plus contre-balancée par celle du côté opposé, soit en admettant que, par suite de la faiblesse, de l'hémiplégie commençante, le côté sain pousse le corps du côté affaibli. Cette dernière interprétation, qui est la plus généralement adoptée et la plus vraisemblable, implique cependant une légère contradiction ; car, si l'on conçoit bien que la lésion du pédoncule gauche fasse tourner l'animal sur le côté droit qui est affaibli, on ne comprend pas que l'encolure décrive alors un arc dont la concavité regarde dans le même sens : la concavité, étant produite par les muscles dont l'action est devenue prépondérante, semblerait devoir se manifester du côté sain, par conséquent du côté opposé à celui vers lequel tourne l'animal.

Les pédoncules étant sensibles et excitables, surtout à leur origine, il importe, dans les expériences faites pour constater les propriétés des hémisphères, de ne pas les léser. Leur irritation donne lieu à quelques effets remarquables que j'ai observés sur le cheval, l'âne et la vache. Lorsqu'à la suite de la destruction plus ou moins complète des lobes cérébraux, les animaux tombaient et ne pouvaient plus se relever, si l'on venait à comprimer ou à piquer, soit la base des pédoncules, soit les tubercules bigéminés ou le mésocéphale, aussitôt apparaissaient des mouvements convulsifs dans le tronc et les membres, et les animaux retrouvaient souvent assez de force et d'ardeur pour se relever ; après plusieurs chutes successives, cette irritation amenait encore, chez l'âne principalement, le même résultat, et provoquait un cri particulier prolongé, bien distinct du hennissement ou du braiement, et semblable à celui que font quelquefois entendre les sujets soumis à la torture ou à des opérations chirurgicales.

Les *pédoncules cérébelleux*, distingués en antérieur, moyen et postérieur, donnent lieu, par leurs lésions, à quelques phénomènes curieux, notamment en ce qui concerne les mouvements.

Les pédoncules antérieurs sont sensibles ; quand on les coupe, l'animal, d'après M. Flourens, se précipite en avant avec force, et exécute une suite de mouvements dans ce sens (1).

Les pédoncules postérieurs jouissent également d'une sensibilité très prononcée. La section de l'un d'eux ferait courber le corps en arc du côté de la section, d'après M. Magendie, et déterminerait une suite de mouvements en arrière, d'après les expériences de M. Flourens.

Les pédoncules moyens, qui sont constitués par des fibres du mésocéphale, ont sur les mouvements une influence différente de celles des pédoncules antérieurs et postérieurs. Quand l'un d'eux est coupé, l'animal se met à tourner sur l'axe de son corps ; il roule sur lui-même avec rapidité du côté de la lésion, d'après MM. Magendie (2) et Flourens, et du côté opposé, si l'on en croit M. Longet (3), dont les expériences confirment, du reste, pleinement celles des physiologistes qui les premiers ont observé cette singulière particularité. La contradiction qui existe ici sur le sens de la rotation laisse indécise la question de savoir si les pédoncules ont une action directe, comme le pense M. Flourens, ou une action croisée, ainsi que le croit le dernier physiologiste que je viens de citer.

(1) Ouvrage cité, p. 488 et suiv.
(2) *Précis de physiologie*, t. I, p. 411.
(3) *Traité de physiologie*, t. II, p. 215.

La section, ou simplement la blessure du pédoncule d'un côté, produit sur les mouvements de l'œil un effet fort curieux, d'après M. Magendie (1) : « L'œil du côté blessé est porté en bas et en avant ; celui du côté opposé est fixé en haut et en arrière. » J'ai eu l'occasion de reproduire sur le bélier ce singulier phénomène, un peu différent, cependant, de ce qu'il était dans les expériences du savant physiologiste. Après la piqûre du pédoncule droit, les yeux se sont mis à pirouetter dans les orbites : le droit regardait en haut et laissait voir la partie inférieure de la sclérotique dans une grande étendue ; le gauche regardait en bas, et laissait à découvert la partie supérieure de la cornée opaque ; les deux conservèrent cette position avec quelques mouvements convulsifs pendant plus de deux heures, après lesquelles le ruminant fut sacrifié.

IV. DES MOUVEMENTS DE L'ENCÉPHALE.

On a remarqué très anciennement que le cerveau des enfants se meut dans le crâne : Pline (2), Galien, font mention de ce mouvement, qui est sensible au niveau de l'espace où les os de la tête ne se sont point encore rapprochés, et que l'on nomme la *fontanelle;* tous les physiologistes modernes parlent de celui qui s'observe sur les animaux dont on a ouvert la cavité crânienne. Aussi le fait du mouvement du cerveau a-t-il été accepté longtemps sans contestation. Mais déjà Haller (3) doute de sa réalité, puis finit par le nier; et Lorry (4) dit très positivement qu'il est impossible lorsque les parois du crâne ont acquis toute leur résistance.

Il s'agit donc, tout d'abord, de rechercher si le mouvement du cerveau est possible sur l'animal adulte dont le crâne est intact, puis, dans l'affirmative, de déterminer ses caractères, ses limites, son mécanisme et ses causes.

La cavité crânienne, dans l'animal adulte, a des parois très résistantes, inextensibles, non flexibles; les os qui les forment ne laissent plus d'espaces entre eux, la plupart des sutures sont soudées, et celles qui ne le sont pas tout à fait n'ont pas de mouvement possible ; le cerveau paraît remplir exactement cette cavité ; ses saillies se moulent sur les impressions digitales, ses anfractuosités sur les reliefs de cette dernière ; tout enfin semble indiquer une coaptation exacte du contenu dans le contenant, et certainement, d'après cela, les mouvements du cerveau ne sauraient, s'ils existent, être bien considérables. Mais la masse encéphalique est-elle si exactement moulée dans le crâne qu'elle ne puisse éprouver un léger mouvement ? D'abord il y a des sinus : le longitudinal, le transverse, le sphénoïdal, qui, par leurs divers degrés de plénitude, peuvent augmenter ou diminuer un peu la capacité du crâne ; ensuite il y a, entre la pie-mère et l'arachnoïde, une certaine quantité de liquide

(1) *Précis élémentaire de physiologie*, t. I, p. 380.

(2) Il dit « que l'homme est le seul à qui le cerveau palpite dans l'enfance : *Uni homini in infantia palpitat nec corroboratur ante primum sermonis exordium.* » (*Histoire naturelle*, livre XI, p. 475, trad. Guéroult.)

(3) « Pour le mouvement du cerveau, dit Haller, il est évident qu'il n'a pas lieu dans l'animal dont la tête est entière. Le crâne est alors entièrement rempli du cerveau, et la dure-mère est si fortement attachée au crâne, qu'il n'y a pas de possibilité pour aucun mouvement par lequel la dure-mère s'éloignerait du crâne et y retournerait alternativement. Ce mouvement ne commence qu'après qu'on a ouvert le crâne et qu'on en a détaché la dure-mère et le cerveau. » (*Mém. sur la nature sensible et irritable*, t. I, p. 190.)

(4) *Mém. de l'Académie des sciences*, 1760 (*Savants étrangers*, t. III).

qui, en passant du crâne dans le canal rachidien, fait un certain vide ; enfin, il y a dans l'arachnoïde même un peu de sérosité, peut-être en partie volatilisée, qui se condense lors de l'élévation du cerveau et se raréfie lors de son affaissement. On conçoit donc que, sans qu'il se produise un vide entre la dure-mère et la masse cérébrale, celle-ci puisse trouver un espace suffisant pour un léger déplacement. Ceux qui nient, comme M. Longet (1), le mouvement du cerveau, donnent à l'appui de leur opinion l'impossibilité de la formation du vide entre la dure-mère et l'encéphale, et par conséquent l'impossibilité du développement d'un espace dans lequel l'organe pourrait se mouvoir ; ils allèguent ensuite, pour autre raison, que le vide, à supposer qu'il se formât, se ferait précisément dans l'inspiration, alors que le cerveau s'abaisse, et disparaîtrait dans l'expiration, alors qu'il serait nécessaire pour permettre l'élévation de l'encéphale.

Ces objections sont certainement très spécieuses, mais tout considéré, elles n'ont pas la valeur qu'elles paraissent avoir de premier abord. D'une part, le cerveau peut se mouvoir par suite de l'agrandissement de la cavité dans laquelle il est contenu, agrandissement qui résulte d'abord de la déplétion des sinus, ensuite du reflux du fluide sous-arachnoïdien du crâne vers le canal vertébral, et peut-être enfin de la volatilisation d'une partie de la sérosité arachnoïdienne et ventriculaire ; d'autre part, comme la déplétion des sinus et la raréfaction de la sérosité doivent s'effectuer dans l'inspiration tandis que le cerveau s'affaisse, il est clair que dans l'expiration, l'organe peut s'élever en condensant le liquide qui remplissait l'espace agrandi dans le temps précédent, et en faisant refluer une partie de ce fluide vers le canal rachidien.

Ainsi il me semble qu'on peut concevoir la possibilité des mouvements du cerveau chez l'adulte, en admettant que cet organe laisse, entre lui et la dure-mère, un espace qui peut augmenter ou diminuer : 1° par le plus ou moins de plénitude des sinus ; 2° par le fait du déplacement du fluide céphalo-rachidien ; 3° enfin, par les divers états de raréfaction ou de condensation du liquide sous-arachnoïdien. L'intervention du vide est un non-sens, puisque ce vide ne peut pas se former.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on met à découvert le cerveau d'un animal vivant, en totalité ou seulement dans un point plus ou moins étendu, on voit que cet organe éprouve un mouvement alternatif très sensible d'élévation et d'abaissement : il paraît tour à tour soulevé ou affaissé, gonflé ou déprimé ; il s'élève dans l'expiration, s'abaisse dans l'inspiration, et toujours ses mouvements sont isochrones avec les mouvements respiratoires ; de plus, il éprouve une série de palpitations correspondant aux battements des artères.

La cause et le mécanisme de ces mouvements n'ont été bien appréciés que par les physiologistes modernes. Galien, qui avait remarqué leur isochronisme avec ceux de la respiration, croyait que le cerveau était soulevé par l'air qu'il supposait pénétrer dans les ventricules, à travers les ouvertures ethmoïdales, lors de l'inspiration, et qu'il était affaissé lors de l'expiration, par suite de l'expulsion de cet air. Vésale les attribuait aux battements des artères de la pie-mère ; Fallope, aux pulsations des vaisseaux de la dure-mère ; enfin, Willis et beaucoup d'autres, à une prétendue

(1) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. I, p. 770.

contractilité de cette dernière membrane. Haller et Lamure leur assignent leur véritable cause, en les attribuant au flux et au reflux du sang veineux.

Haller établit (1) que le cerveau est soumis à deux mouvements : l'un, peu sensible, isochrone aux mouvements respiratoires; l'autre, moins sensible, isochrone aux battements des artères. La plupart des physiologistes les admettent tous les deux : ils sont faciles à voir, non seulement chez les animaux dont le cerveau est mis complétement à découvert, mais encore chez ceux dont une petite partie de l'encéphale a été privée de ses enveloppes protectrices. Quand on met à nu la partie antérieure de l'un des hémisphères cérébraux d'un âne ou d'un cheval, en laissant sur la ligne médiane, afin d'éviter une hémorrhagie, la partie osseuse qui recouvre le sinus falciforme, on voit, même avant que la méninge soit incisée, mais mieux après qu'elle a été enlevée, les deux mouvements du cerveau : l'un, assez faible, consiste en une série d'élévations, d'affaissements successifs, et correspond exactement aux battements des artères; l'autre, plus prononcé et plus lent, répond aux mouvements respiratoires. Dans ce dernier, le cerveau s'abaisse ou s'affaisse sur lui-même lors de l'inspiration; il s'élève ou se gonfle, au contraire, dans l'expiration, et cela d'autant plus sensiblement, que la respiration est plus gênée, comme après une course ou un exercice pénible. A la simple inspection, il est facile de constater que ces deux mouvements sont parfaitement distincts, et que le cerveau s'élève autant de fois pour l'un qu'il y a de pulsations artérielles, et pour l'autre autant de fois qu'il y a de respirations. Mais il n'est pas aussi aisé de les reconnaître sur de petits animaux, tels que le lapin, par exemple, d'abord parce que celui qui tient aux battements artériels est très faible, ensuite parce que le second est très rapide, par suite de la vitesse de la respiration des petites espèces; il en résulte que les deux doivent à peu près se confondre en un seul, et c'est peut-être à cause de cette particularité que quelques physiologistes n'admettent qu'un seul mouvement du cerveau.

Quel est, maintenant, le mécanisme des mouvements de l'encéphale? Lamure (2) attribue le mouvement principal, c'est-à-dire celui qui dépend de la respiration, au flux et au reflux du sang veineux. L'élévation du cerveau a lieu par suite du reflux qui s'opère de la veine cave antérieure et des jugulaires vers les sinus lors de l'expiration; l'abaissement provient de la déplétion des sinus, opérée par suite de l'aspiration exercée sur le sang pendant l'inspiration. Pour prouver que c'est bien à ces causes que sont dus l'élévation et l'abaissement alternatifs du cerveau, Lamure lie les jugulaires et coupe les veines vertébrales, mais le mouvement persiste, quoique affaibli, parce qu'il y a encore d'autres veines par lesquelles le reflux du sang continue à s'opérer ; enfin, sur l'animal mort, il rétablit le mouvement en comprimant le thorax : dès que les côtes sont rapprochées, le cerveau s'élève; dès qu'elles reviennent sur elles-mêmes, il s'abaisse ; cet effet cesse de se produire après la section de la veine cave antérieure. Haller, après de nombreuses expériences dont quelques unes avaient été déjà faites par Schlichting, arrive à partager l'opinion de Lamure. « Les veines, dit-il (3), se gonflent pendant l'expiration ; elles se

(1) *Mémoire sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*, t. I, p. 172. Lausanne, 1786.

(2) *Recherches sur la cause des mouvements du cerveau* (*Mém. de l'Acad. des sc.*, 1749).

(3) *Mém. sur la nature sensible*, etc., t. I, p. 181.

désemplissent dans l'inspiration. Comme ces alternatives de réplétion et d'évacuation sont absolument les mêmes dans le cerveau, comme celui-ci s'élève pendant que les veines et surtout les jugulaires se remplissent de sang, et qu'il s'abaisse dans le temps même que les veines perdent le leur, il paraît évident que le gonflement et le dégonflement alternatifs du cerveau naissent de ceux des veines. » Pour lui, la réplétion des veines est le résultat d'un reflux du sang de l'oreillette droite vers les troncs veineux lors de l'expiration, et leur affaissement la conséquence de la déplétion de ces vaisseaux lorsque la poitrine se dilate, c'est-à-dire pendant l'inspiration. Il remarque, de plus, que la gêne de la respiration et la strangulation momentanée rendent le mouvement du cerveau plus sensible.

M. Flourens (1) a repris la question et l'a mieux analysée que ses devanciers. Il ne reconnaît qu'un seul mouvement : celui qui dépend de la respiration. D'après lui, ce mouvement unique consiste bien plus en un gonflement et un affaissement alternatifs du cerveau qu'en une élévation et un abaissement de l'organe. Sa cause serait bien encore le flux et le reflux du sang, mais ce flux et ce reflux s'opéreraient principalement par les sinus vertébraux qui communiquent avec ceux du crâne. M. Flourens prouve que la voie de ces sinus est la plus importante par les expériences suivantes : 1° après la ligature des deux jugulaires, le mouvement persiste, seulement il est moins prononcé ; 2° après la ligature des jugulaires et la section des veines vertébrales, il continue encore, bien que très affaibli ; 3° enfin, sur le cadavre dont les deux jugulaires et les deux vertébrales sont ouvertes, on le reproduit en comprimant le thorax et le laissant ensuite revenir sur lui-même. Dans son opinion, le sang, lors de l'expiration, reflue du thorax par les veines dorsales (azygos) dans les sinus vertébraux, et de ceux-ci dans les sinus du crâne ; il reflue également dans ces derniers par les jugulaires et les vertébrales. C'est à ce moment qu'il s'élève bien plus par un gonflement de sa masse que par un soulèvement. Au contraire, lors de l'inspiration, le sang afflue vers la poitrine par la même voie, et surtout par la première, et dégorge ainsi les sinus et la substance du cerveau, et par suite celui-ci s'affaisse et descend. L'élévation ou le gonflement du cerveau dépendrait de deux causes : l'une principale, le reflux du sang veineux, et l'autre accessoire, l'afflux du sang artériel ; son affaissement résulterait seulement du retrait du sang veineux aspiré par la poitrine.

En résumé, l'encéphale éprouve deux mouvements : l'un faible, en rapport avec la diastole et la systole des artères cérébrales ; l'autre plus sensible, plus lent, lié aux mouvements respiratoires et dépendant du flux et du reflux du sang veineux. Ces deux mouvements, bien distincts chez les grands animaux, doivent être très peu prononcés quand les parois du crâne sont intactes.

(1) Ouvrage cité, p. 340.

CHAPITRE III.

FONCTIONS DE LA MOELLE ÉPINIÈRE.

La moelle épinière (fig. 2) forme un long cordon qui, renfermé dans le canal rachidien, se continue avec les renflements encéphaliques et donne, sur son trajet, naissance à la plupart des nerfs destinés à porter la sensibilité et le mouvement dans toutes les parties. A son origine, elle se confond avec le bulbe rachidien, sans qu'il soit possible de trouver la moindre trace de démarcation entre l'une et l'autre, de telle sorte que les uns, avec Vésale, la font commencer en avant des tubercules bigéminés; les autres, avec Bichat, au sillon qui se trouve en arrière du pont de Varole, et le plus grand nombre, au niveau du trou occipital. A sa terminaison dont le lieu est variable, la moelle se divise en une infinité de cordons nerveux dont l'ensemble est connu sous le nom de *queue de cheval.*

Sa forme varie un peu, suivant les animaux, et ses renflements se montrent toujours en rapport avec la présence, le nombre et le volume des extrémités. Elle est presque cylindrique chez les poissons, avec cette particularité, toutefois, qu'elle offre, dans ces animaux, de petites bosselures à la naissance des nerfs un peu volumineux; elle a dans les reptiles, tels que les tortues, les lézards et les batraciens, un renflement cervical et un lombaire; mais elle n'en a point du tout chez les serpents. Chez les oiseaux qui volent beaucoup et dont les ailes sont très fortes, elle présente, d'après M. Serres, un renflement correspondant plus considérable que celui des lombes. Enfin, chez les mammifères, le renflement lombaire prédomine lorsque, comme dans le kanguroo, les membres abdominaux l'emportent par leur volume sur les membres thoraciques; le cervical, au contraire, dépasse l'autre, quand les extrémités antérieures conservent un assez grand développement, alors que les postérieures sont atrophiées, comme dans les cétacés.

La moelle est contenue dans un canal brisé et articulé, beaucoup plus grand qu'elle, qui peut se plier dans tous les sens et exécuter des mouvements très étendus sans la comprimer ni la tirailler. En outre, elle est revêtue, comme l'encéphale, de



Fig. 2. — *Moelle épinière du cheval.*

A. Renflement cervical. *B.* Renflement lombaire. *C.* Queue de cheval.

trois membranes : la méninge, dont la surface externe est séparée du conduit vertébral par une foule de petits coussinets adipeux ; l'arachnoïde, dont les deux feuillets sont en contact l'un avec l'autre ; enfin, la pie-mère dont le tissu léger, aréolaire, à larges mailles, est pénétré d'un fluide abondant appelé *céphalo-rachidien*. Ce liquide que Haller connaissait déjà, et que pendant longtemps on a pris pour un produit morbide, baigne toute la surface de la moelle, lui forme une sorte d'atmosphère aqueuse dont la pression paraît nécessaire à l'exercice des fonctions de cette partie, puisque quand on en fait écouler une certaine quantité, il survient, d'après M. Magendie, des troubles nerveux plus ou moins graves. Il éprouve un mouvement de flux et de reflux en rapport avec les mouvements respiratoires; descend du crâne dans le rachis, lors de l'inspiration, et remonte, au contraire, lors de l'expiration, par l'effet d'un mécanisme analogue à celui dont nous avons parlé, au sujet des mouvements de l'encéphale. Il communiquerait même avec celui des ventricules, d'après le savant physiologiste qui a fait sur ce sujet d'intéressantes recherches. Mais M. Renault a montré que, pour le cheval (1), la communication devenait impossible par suite de la disposition de la séreuse en arrière du quatrième ventricule.

La moelle épinière est constituée par de la substance blanche à l'extérieur, et de la substance grise à l'intérieur, souvent peu distincte de la première. Elle offre un canal central, permanent chez tous les vertébrés ovipares, assez apparent chez les fœtus de mammifères, et même encore à tous les âges dans cette dernière classe. Ce canal, fort anciennement connu, a été indiqué par Sewell sur le cheval, le bœuf, le mouton et le chien, et par d'autres sur divers animaux. Calmeil a même vu chez le mouton un double canal en arrière du *calamus scriptorius*.

Le point important de la structure de la moelle n'est pas la disposition des deux substances et la direction de leurs fibres, mais bien la présence dans cet organe de deux parties distinctes ayant chacune une fonction spéciale. C'est à Ch. Bell que revient l'honneur d'avoir démontré que la moelle épinière est formée de deux parties : l'une supérieure sensible ; l'autre inférieure motrice, susceptible de provoquer des convulsions lorsqu'elle est irritée ; en un mot, d'avoir prouvé qu'il y a dans la moelle épinière, pour me servir des expressions d'un savant physiologiste, deux moelles épinières : l'une pour le sentiment, l'autre pour le mouvement ; et par suite, dans le nerf mixte, deux nerfs : l'un sensitif, l'autre moteur, le premier dérivant des racines supérieures pourvues de ganglions (fig. 3), le second des racines inférieures. Tous les travaux entrepris depuis n'ont fait que confirmer cette belle découverte.

Ce point une fois établi, la détermination des propriétés et des fonctions de la moelle épinière devient facile. Ici nulle complication n'est possible, puisqu'il n'y a pas comme dans l'encéphale, ni croisement, ni mélange des faisceaux, ni division de l'organe en plusieurs parties à usages distincts, à propriétés spéciales.

La moelle est sensible et son irritation provoque des mouvements convulsifs ; en cela, elle ressemble à la moelle allongée, et se range, comme elle, au nombre des

(1) *Recueil de médecine vétérinaire*, t. VI, p. 545 et 601 ; t. VII, p. 5, 1829-1830. M. Lavocat dit que cette disposition existe aussi dans le bœuf et dans le mouton.

parties excitables du système nerveux. Dès qu'on l'irrite après l'avoir mise à découvert, l'animal témoigne par ses cris d'une vive douleur et éprouve de fortes convulsions. Mais, d'après ce que nous venons de dire, la sensibilité a un siége distinct de celui de l'excitabilité ou faculté de provoquer les mouvements : il s'agit donc de déterminer d'une manière précise les parties dans lesquelles chacune de ces facultés réside : or des expériences très simples conduisent à ce résultat. Ch. Bell irrite la partie inférieure, et il voit qu'elle excite des contractions, tandis que la partie supérieure n'en provoque que de faibles. M. Magendie répète la même expérience et observe que le cordon supérieur est très sensible et que l'inférieur provoque des contrac-

Fig. 3.

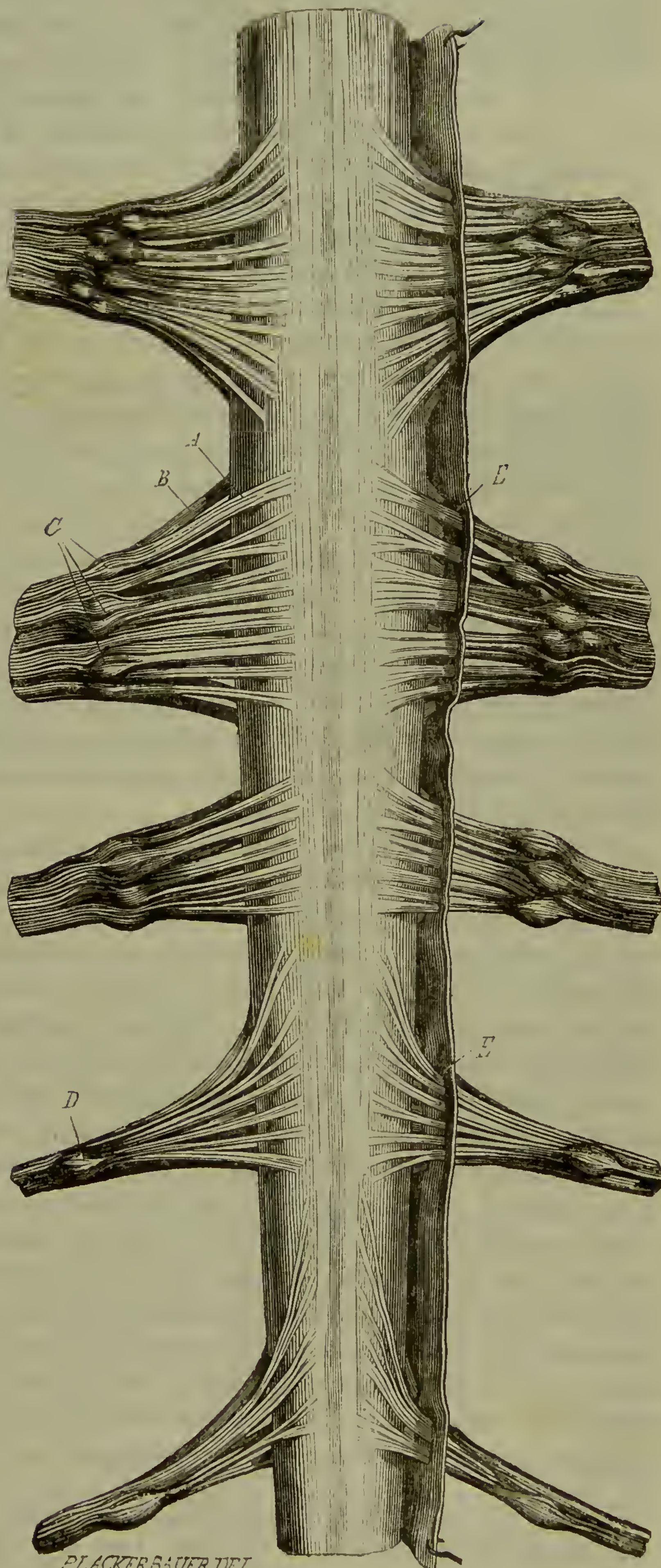


Fig. 3. — *Segment de la moelle épinière du cheval pris au niveau du plexus brachial.*

A. Racines supérieures.
B. Racines inférieures.
C. Ganglions multiples des racines supérieures.
D. Ganglion unique sur une paire nerveuse étrangère au plexus brachial.
EE. Racines supérieures au point où elles traversent les enveloppes.

tions. M. Flourens pince les racines supérieures des nerfs, et l'animal éprouve de vives douleurs (fig. 4); il pince ensuite les racines inférieures, et les convulsions se manifestent; enfin, M. Longet (1) met en communication le cordon supérieur avec les pôles de la pile galvanique, de vives douleurs se font sentir sans être accompagnées de convulsions; puis il met le cordon inférieur en rapport avec ces mêmes pôles, et les convulsions apparaissent sans douleur. Ainsi, le cordon supérieur, très sensible, préside exclusivement à la sensibilité. Le cordon inférieur, insensible, au contraire, aux excitations mécaniques et galvaniques, préside exclusivement à la motricité. Il n'y a plus aucun doute à cet égard, bien que Mueller (2), en s'appuyant sur de belles expériences faites sur la grenouille, soutienne que l'isolement de la sensibilité d'avec la motricité commence seulement dans les racines nerveuses. Cet isolement, difficile à mettre en évidence dans un organe aussi délicat que la moelle, n'en est pas moins réel, même dans cet organe, comme il l'est dans les racines et dans le nerf mixte. La sensibilité et la motricité sont deux facultés toujours distinctes et toujours susceptibles d'être séparées. Dès qu'on détruit, soit le cordon supérieur de la moelle épinière, soit les racines supérieures des nerfs rachidiens, la sensibilité est séparée de la motricité : la première est détruite dans les parties où le cordon lésé envoie des divisions nerveuses, et dans celles où se distribuent les nerfs privés de leurs racines sensitives; mais la motricité y est conservée. De même, dès qu'on détruit le cordon médullaire inférieur ou les racines correspondantes, la même séparation est effectuée en sens inverse, les parties restent sensibles, tout en perdant l'aptitude à se mouvoir.

Fig. 4.



p. Racines supérieures.
a. Racines inférieures.

La moelle épinière, par sa continuité avec elle-même et ses rapports avec tous les nerfs rachidiens, fait l'office d'un conducteur qui propage, du cerveau dans les nerfs, les volitions, et qui transmet, des nerfs au cerveau, les impressions produites dans les diverses parties ; c'est encore ce que des expériences très simples montrent clairement. Si l'on coupe la moelle épinière en travers, sur un point quelconque de son étendue, comme l'a fait M. Flourens, et qu'on vienne ensuite à irriter les parties en arrière de la section, l'animal n'en éprouve aucune douleur, parce que les impressions ne peuvent plus, par suite de la solution de continuité, se propager aux centres sensitifs; mais ces parties sont encore susceptibles de se contracter, puisque le principe de leurs mouvements non volontaires vient directement de la moelle épinière. Si, au contraire, on porte l'irritation sur les parties en avant de la section et liées au tronçon antérieur, il y a douleur et convulsions, comme si l'organe était intact. Le même résultat se fait observer, quand au lieu d'une section on n'a opéré qu'une simple compression; les irritations produites en arrière de celle-ci ne sont plus transmises, et partant elles ne sont plus perçues ; alors, si l'animal veut se déplacer, la volonté cesse de se communiquer au delà de la section et les parties restent immobiles. Enfin, si par plusieurs sections pratiquées à de certaines distances sur le trajet de la moelle, on divise celle-ci en plusieurs segments dont chacun devient

(1) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. I, p. 273.
(2) *Manuel de physiologie*, trad., 2e édit. Paris, 1851, t. Ier, p. 742, 559 et suiv.

un centre sans communication avec l'encéphale, excepté celui qui tient à la moelle allongée, on peut irriter tous les segments qui suivent le premier sans qu'aucune douleur se manifeste, mais l'irritation est suivie de contractions plus ou moins énergiques dans les parties qui reçoivent leurs nerfs du tronçon irrité.

La moelle exerce sur les parties auxquelles elle envoie des nerfs une action directe et non croisée, comme celle de plusieurs parties de l'encéphale : aussi lorsqu'on irrite, sur l'animal vivant, sa moitié droite, les convulsions se manifestent à droite ; elles se produisent à gauche, si on l'irrite à gauche ; enfin, quand on détruit la moitié droite, la paralysie survient du même côté, et réciproquement. Ce fait s'explique très bien, puisque les faisceaux d'un côté ne s'entrecroisent pas avec ceux du côté opposé.

Les fonctions de la moelle épinière ne sont pas seulement celles d'un simple cordon de communication entre l'encéphale et les nerfs rachidiens : elles sont plus compliquées. Cet organe joue le rôle d'un centre d'innervation, d'un foyer dont l'action spéciale est fort remarquable. Prochaska paraît être le premier qui ait indiqué clairement ce rôle, surtout en ce qui a trait aux phénomènes dépendant du pouvoir réflexe. Selon lui, les impressions produites à l'extérieur, sur les nerfs sensitifs, se transmettent du point irrité vers l'origine de ces nerfs, puis une fois arrivées à la moelle, se réfléchissent sur les nerfs moteurs et déterminent ainsi ces mouvements qui s'observent sur les animaux décapités, de même que pendant le sommeil et dans d'autres circonstances où le cerveau inactif ne perçoit pas les impressions venues de la périphérie. En effet, dans ces conditions, il faut que la moelle intervienne, à défaut des centres de perception, pour provoquer les mouvements; et son intervention est mise en évidence par l'expérience dans laquelle M. Flourens détruit complétement le cerveau et le cervelet, sans que pour cela les irritations cessent de provoquer des cris et des mouvements violents de la part de l'animal mutilé. Legallois (1) va plus loin encore que Prochaska, et prétend que la vie du tronc est dans la moelle épinière, où résiderait d'après lui le principe du sentiment et du mouvement. Il invoque à l'appui de sa manière de voir les mouvements des animaux décapités, qui se prolongent, comme on sait, si longtemps chez les reptiles, et qu'on fait persister également, après la décapitation des animaux à sang chaud, quand on entretient la respiration, au moyen de l'insufflation pulmonaire. De plus, il montre que chaque partie du tronc a le principe de sa sensibilité et de son mouvement dans la portion de moelle d'où elle tire ses nerfs. « Si, dit-il, on divise un animal transversalement, en deux moitiés, chacune d'elles demeure vivante pendant un certain temps. Si, aussitôt après la division, on détruit toute la moelle épinière dans l'une quelconque de ces deux moitiés, la vie y cesse à l'instant, tandis qu'elle continue dans l'autre ; et si, dans celle-ci, on détruit seulement une portion de la moelle, toutes les parties qui reçoivent leurs nerfs de cette portion sont frappées de mort sur-le-champ, et le reste de cette même moitié demeure vivant. »

Marshall-Hall et Mueller ont beaucoup mieux étudié que leurs devanciers l'action réflexe de la moelle et les phénomènes qui en dépendent. Le premier l'appelle

(1) *Expériences sur le principe de la vie*, 1812, p. 34.

faculté *excito-motrice*, et la considère comme une propriété en vertu de laquelle la moelle reçoit les impressions produites sur les nerfs sensitifs et réagit consécutivement à ces impressions, par l'intermédiaire des filets moteurs, pour déterminer des mouvements tout à fait involontaires.

Les mouvements qui résultent du pouvoir réflexe sont de plusieurs espèces. Les uns se produisent dans les muscles de la vie animale, à la suite d'irritations portées soit sur les nerfs cérébro-spinaux, soit sur les nerfs ganglionnaires ; les autres se manifestent dans les muscles de la vie organique, après des irritations ayant agi sur les premiers ou sur les seconds de ces nerfs. On peut en citer un grand nombre d'exemples. La salamandre ou la grenouille décapitée se meut, si l'on vient à la toucher sur un point quelconque de la surface cutanée, et ses mouvements s'étendent alors à toutes les parties ; elle se meut encore quand la section de la moelle est faite au niveau des dernières vertèbres cervicales ou au milieu du dos, mais elle perd la faculté d'exécuter aucun mouvement dès que la moelle est détruite. Le serpent privé de sa tête décrit de nombreuses ondulations pour peu qu'on le touche, et les plis de son corps, venant à se mettre en contact les uns avec les autres, exécutent de nouvelles contractions. Le mouton auquel le boucher a tranché la moelle épinière entre l'atlas et l'occipital éprouve encore de violentes secousses musculaires dans le tronc et les membres. Les jeunes rats décapités remuent les extrémités, même vingt à trente minutes après la mutilation, si l'on vient à pincer la peau ou à la piquer, ne fût-ce que très légèrement. Sur les animaux décapités, Mueller a vu l'irritation du grand splanchnique déterminer des contractions dans les muscles de l'abdomen, la piqûre d'une patte provoquer une contraction brusque dans les cœurs lymphatiques d'une tortue ; Volkmann a constaté des mouvements du tronc à la suite d'une irritation de l'intestin, et des mouvements très étendus dans le tube intestinal, consécutivement à une stimulation très circonscrite de ce viscère, lesquels se limitaient au point irrité après la destruction de la moelle épinière.

Une foule de phénomènes, autrefois sans interprétation exacte, se rapportent à la catégorie des mouvements réflexes déterminés exclusivement par la moelle : la contraction de la glotte à la suite du contact d'une parcelle alimentaire, l'ébrouement consécutif à une irritation de la pituitaire ou des bronches, les contractions spasmodiques des vésicules séminales et des muscles du périnée, lors d'une excitation vive des organes génitaux, le clignement des paupières quand un objet s'approche brusquement de l'œil, le resserrement continu des sphincters de la vessie et du rectum, la déglutition des aliments ou celle de la salive dans les intervalles des repas, certaines variétés de vomissements, etc. D'autres actions analogues se rattachent à la même cause.

Les mouvements réflexes peuvent être modifiés sous l'influence de certaines causes qui agissent sur le système nerveux. La noix vomique, l'opium, donnés à des grenouilles, rendent plus fortes les convulsions consécutives à une légère irritation de la peau ; l'éther sulfurique, au contraire, d'après M. Longet, suspend avec promptitude une grande partie des effets dus au pouvoir réflexe, en laissant persister toutefois ceux qui tiennent à l'action des muscles de la vie organique.

Les phénomènes qui dérivent du pouvoir réflexe de la moelle épinière sont faciles à expliquer. D'après Marshall-Hall, dont la théorie est combattue par la plupart des

physiologistes, ils seraient le résultat de l'action d'un appareil nerveux tout particulier ayant pour centre une portion seulement de la moelle, et pour partie périphérique, d'une part, des filets incidents ou excitateurs, provenant des racines supérieures des paires rachidiennes ; d'autre part, des filets réfléchis ou moteurs émanant des racines inférieures : les premiers transmettraient à la moelle les impressions produites dans les différents points du corps, et les seconds conduiraient aux muscles l'excitation motrice involontaire développée dans la moelle elle-même. Mueller, en repoussant l'hypothèse des fibres spéciales, admet simplement que les impressions venues de la périphérie sont transmises par les fibres sensitives des nerfs à la moelle épinière, qui, en vertu de son pouvoir spécial, réagit et développe dans les fibres motrices un courant nerveux centrifuge, d'où résultent les mouvements divers qui viennent d'être indiqués. Il pense, contrairement à l'opinion de Marshall-Hall, que les impressions à la suite desquelles se manifestent les mouvements réflexes peuvent être transmises au cerveau et donner lieu conséquemment à des sensations, mais il ne regarde point cette transmission comme nécessaire au développement des contractions musculaires.

L'examen attentif des phénomènes qui viennent d'être rappelés démontre bien évidemment que la moelle épinière est l'intermédiaire entre les impressions reçues et les mouvements consécutifs à ces dernières. Il est impossible de les expliquer en admettant que les irritations produites sur les filets sensitifs se réfléchissent directement sur les filets moteurs du même nerf, pour déterminer des mouvements semblables à ceux, par exemple, qui surviennent à la suite de l'irritation d'un cordon nerveux distribué à des muscles et séparé artificiellement de la moelle. Dans ce cas, les contractions sont tout à fait circonscrites, et ne s'étendent pas au delà des muscles auxquels le nerf stimulé se distribue, tandis qu'il n'en est pas de même dans les circonstances où la moelle reste en rapport avec les nerfs. En effet, dans le reptile décapité, il s'opère d'abord des mouvements spontanés dont le principe excitateur vient incontestablement de la moelle épinière ; ensuite il se produit des contractions générales très répétées à la suite de l'irritation d'un nerf musculaire : or il est clair pour celle ci que si l'irritation passait directement des filets sensitifs dans les filets moteurs du nerf stimulé, sans l'intermédiaire de la moelle, les mouvements seraient limités aux seules parties dans lesquelles ce nerf se rend ; ils ne s'étendraient point à tout le reste du corps. Enfin, lorsqu'après une irritation appliquée à la peau il survient des convulsions générales, il faut bien encore que les irritations arrivent à la moelle épinière, pour qu'elles soient réfléchies et dispersées dans les nerfs moteurs et qu'elles donnent lieu à des mouvements généraux : la preuve, c'est que les mouvements cessent dès que la moelle est détruite.

De ce que la moelle épinière jouit de la faculté d'exciter des mouvements sans la participation de l'encéphale, il ne faudrait pas conclure, avec certains auteurs, qu'elle sent à sa manière les impressions extérieures, qu'elle ordonne des mouvements réglés et calculés : ce sont là des exagérations sans fondement réel.

La moelle épinière exerce une influence très remarquable sur la respiration, l'action du cœur, la circulation, la nutrition et diverses autres fonctions. C'est cette influence qu'il reste à examiner.

Ch. Bell n'avait pas vu seulement dans la moelle un cordon sensitif et un cordon

moteur ; il avait encore admis avec ces deux premiers un cordon intermédiaire, duquel partiraient tous les nerfs des organes qui concourent à la respiration. Cette vue nouvelle, appuyée sur des apparences anatomiques et sur cette harmonie, cette liaison admirable qui existe dans le jeu des diverses parties qui servent aux fonctions respiratoires est loin cependant d'être démontrée ; aussi la plupart des physiologistes l'ont-ils repoussée. Ce cordon latéral donnerait naissance, suivant Bell, par le bulbe rachidien, au facial, au glosso-pharyngien et au pneumo-gastrique ; par la moelle, à l'accessoire de Willis, au diaphragmatique, au respiratoire externe du tronc (un des thoraco-musculaires), et enfin aux intercostaux, composant par leur ensemble le système des nerfs respiratoires. Ce système, qu'il tire son origine du cordon latéral ou d'un autre, ne puise cependant pas dans la moelle épinière même le principe de son action ; ce principe lui vient d'une autre source et lui est seulement transmis par cet organe. En voici la preuve. Galien avait déjà vu que la section de la moelle au niveau de la première vertèbre dorsale paralyse les intercostaux, et que cette section vers le milieu du cou paralyse à la fois ces muscles avec le diaphragme, et arrête ainsi la respiration. Legallois (1), en répétant ces expériences, observe qu'après la section de la moelle très près de la tête, ou après la décapitation, les seuls mouvements respiratoires sont anéantis. Comment se fait-il, se demande cet ingénieux expérimentateur, que dans cette circonstance les seuls mouvements respiratoires soient suspendus alors que tous les autres subsistent ? Les premiers n'ont donc pas la même source que les seconds ; il faut que ces mouvements respiratoires tirent leur principe d'une autre partie, et cette autre partie, c'est le cerveau, non le cerveau tout entier, mais un point assez circonscrit de la moelle allongée, vers l'origine des nerfs de la huitième paire. C'est là que, pour lui, réside « le premier mobile de la respiration » exerçant son action par l'intermédiaire de la moelle épinière, qui devient seulement un agent secondaire, un simple conducteur. Ce rôle de conducteur transmettant l'action d'un centre, d'un foyer régulateur, a été mis en évidence de la manière la plus complète par M. Flourens, qui a fait voir que la moelle allongée est le point de départ et le régulateur des mouvements respiratoires. Par diverses expériences habilement combinées, il a démontré qu'aucun de ces mouvements, pris à part, ne contient en soi le premier principe de son action, « que nul d'entre eux n'a de privilége et ne survit qu'autant qu'on respecte son origine ; que d'aucun, pris séparément, ne dépend l'existence de tous les autres, et qu'enfin tous ne subsistent que tant qu'ils sont en communication avec le point appelé le *nœud vital* du système nerveux. »

Si la moelle n'a sur les mouvements respiratoires d'autre influence que celle qu'elle tire d'une autre partie et qu'elle transmet, comme un simple conducteur, elle paraît exercer sur la circulation une action qui lui est propre et dont elle a le principe en elle-même. Ce rôle, que les anciens avaient méconnu, fut découvert par Legallois, et sa démonstration est une des gloires de cet habile expérimentateur.

Legallois, avant de rechercher les effets produits par la destruction totale de la moelle, essaie de déterminer ceux qui peuvent résulter de destructions partielles : ainsi, à l'aide d'un stylet, il détruit sur un lapin la portion lombaire de la moelle ;

(1) *Expériences sur le principe de la vie*, p. 34, 36, 37, 38 et suiv.

bientôt la respiration s'arrête, la mort arrive au bout de trois heures et demie et l'insufflation pulmonaire reste sans effet. Sur un deuxième lapin, destruction de la portion dorsale : la mort arrive au bout de trois minutes, et l'insufflation ne peut ranimer les mouvements respiratoires. Sur un troisième, destruction de la moelle cervicale : la vie s'éteint plus vite encore et l'insufflation ne peut la faire renaître. Enfin, sur d'autres, il détruit toute la moelle, la circulation s'arrête subitement. Les mouvements cardiaques qui, alors, persistent encore quelques instants, comme ceux du cœur arraché et séparé du corps, « sont des mouvements sans force, incapables d'entretenir la circulation et parfaitement analogues aux mouvements d'irritabilité qu'on observe dans les autres muscles plus ou moins longtemps après la mort. » Legallois conclut de ces expériences et de beaucoup d'autres, que le cœur « puise dans tous les points de la moelle le principe de ses forces, » tandis que les autres parties ne puisent le principe de leur vitalité que dans la seule portion de moelle d'où elles tirent leurs nerfs. C'est ainsi que fut renversée cette théorie de Haller qui regardait l'action du cœur comme indépendante de l'influence nerveuse.

L'influence de la moelle sur la circulation était exagérée. Aussi les idées de Legallois ne furent-elles pas acceptées sans réserve. M. Flourens a observé qu'après la destruction de cet organe, la circulation s'entretient plus longtemps que ne l'avait dit Legallois; il a constaté, en outre, que la destruction partielle de la moelle ralentit la circulation dans les parties correspondantes à la région lésée. M. Longet, ayant décapité deux chiens, a vu les battements du cœur s'affaiblir et cesser plus vite sur celui dont la moelle était détruite que sur l'autre. Enfin, divers observateurs ont constaté que les irritations exercées sur la moelle modifiaient le rhythme des mouvements du cœur. Ce serait, d'après M. Budge (1), de cette partie que le grand sympathique tirerait le principe de son action sur l'organe central de la circulation.

Les actions organiques qui se passent dans les tissus sont naturellement influencées par les modifications que la circulation éprouve consécutivement à l'action de la moelle épinière. On conçoit que la nutrition, la calorification, les sécrétions doivent être actives si l'organe exerce sur la circulation son influence pleine et entière, et que ces fonctions doivent languir quand cette influence est affaiblie par une cause quelconque ; c'est ce qui arrive en effet. Voilà pourquoi, lorsque la moelle est excitée, irritée, il y a des érections fréquentes, des émissions spermatiques, des convulsions ; voilà pourquoi son irritation produit consécutivement le tétanos traumatique, qui n'est qu'un état de contraction permanente des muscles, analogue, comme le dit Mueller, à celui des sphincters dont le principe est le même ; voilà peut-être aussi pourquoi l'inflammation de cette partie en provoque d'autres, comme celle des reins et du péritoine que Bellingeri a observée sur le mouton. De même, voilà pourquoi dans les paralysies surviennent le refroidissement de plus en plus marqué, l'atrophie lente, l'infiltration des extrémités, la décoloration de la peau, la paralysie de la vessie, de l'intestin, de l'utérus et des autres parties animées par les sections du grand sympathique qui tirent quelque activité du segment médullaire lésé.

Le rôle et les fonctions de la moelle une fois bien connus, il devient facile de

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1852, t. XXXIV, p. 398.

s'expliquer beaucoup de phénomènes pathologiques, de déterminer une lésion inconnue par les effets produits, ou de prévoir les effets quand la lésion est précisée. Ainsi, puisqu'une lésion, sur un point de sa longueur, entraîne la perte du sentiment et du mouvement dans toutes les parties situées en arrière, l'étendue de la paralysie indiquera celle de la lésion ainsi que son commencement, ou son point de départ. Y a-t-il seulement paralysie des membres postérieurs, c'est que la lésion n'est qu'à l'origine du plexus ou du renflement lombaire. Y a-t-il paralysie de tout le tronc et des membres antérieurs, c'est que la lésion est en avant du plexus brachial. Y a-t-il une fracture de la colonne vertébrale dont il s'agit de déterminer le siége, s'il y a compression de la moelle, on verra à quel point commence la perte du sentiment et du mouvement : ce point sera même celui de la fracture. A-t-on affaire à une hémiplégie, il faudra en inférer la lésion d'une moitié latérale de l'organe ; et, comme celui-ci a une action directe, sa partie malade sera du côté même de l'hémiplégie. Est-ce à une paralysie du mouvement avec persistance du sentiment, on pourra, comme M. Bouley (1) en rapporte un exemple, diagnostiquer une lésion des cordons inférieurs. Est-ce à une paralysie du sentiment, le contraire sera la vérité. Est-ce enfin à une paralysie du sentiment et du mouvement à la fois, on aura la certitude que les cordons supérieurs et les inférieurs seront intéressés ensemble. Voilà, entre mille, une preuve de l'utilité que la science des maladies peut retirer de l'étude d'une physiologie exacte et judicieuse.

CHAPITRE IV.

FONCTIONS DES NERFS.

Nous avons vu, précédemment, qu'il y a dans l'encéphale des parties sensibles et des parties insensibles ou à peu près, des parties excitables et des parties non excitables : les unes préposées au sentiment, les autres au mouvement. Nous avons vu ensuite qu'il en est de même dans la moelle épinière, et bientôt nous démontrerons qu'il en est encore ainsi dans les nerfs. D'où il résulte que le système nerveux se compose de deux appareils : l'un, non excitable, pour la sensibilité ; l'autre, excitable, pour le mouvement ; chacun ayant ses propriétés spéciales, ses fonctions distinctes, susceptibles d'être exercées isolément. Cette dualité qui part des centres se propage et se répète partout, constitue l'un des caractères les plus essentiels de ce système. Pressentie, entrevue vaguement dès la plus haute antiquité, elle n'a été établie nettement que depuis les beaux travaux des expérimentateurs modernes.

Galien avait déjà distingué les nerfs du sentiment de ceux du mouvement, mais la distinction, adoptée depuis par la plupart des anatomistes, était restée à peu près stérile, jusqu'au moment où Ch. Bell vint la préciser, en la démontrant par la voie expérimentale. A partir de cette époque, elle s'est appuyée sur de nouvelles preuves

(1) *Recueil de médecine vétérinaire*, t. I.

qui en font une des vérités les plus incontestables acquises à la science. C'est, grâce aux recherches entreprises sur ce sujet, qu'on peut diviser les nerfs en trois catégories : les sensitifs, les moteurs et les mixtes, ces derniers partageant les propriétés des premiers et des seconds.

Avant d'étudier l'action spéciale de chaque espèce de nerfs, il faut voir quelle est leur action commune.

Les nerfs diffèrent des centres nerveux en ce qu'ils n'ont pas par eux-mêmes, comme ces derniers, d'activité propre : ils ne sont que des agents de transmission, de simples conducteurs chargés de recevoir les impressions et de les conduire aux centres, ou de transmettre les volitions et d'exciter le mouvement dans les parties auxquelles ils se rendent. Comment remplissent-ils ce rôle, et en vertu de quelles propriétés ? Voyons-le d'abord dans le nerf mixte où le sentiment s'unit au mouvement ; plus tard, nous le rechercherons dans les nerfs où ces deux fonctions sont isolées et démêlées.

Lorsqu'on vient à piquer un nerf, aussitôt l'animal éprouve une vive douleur et cherche à s'y soustraire ; les muscles dans lesquels le nerf irrité se rend entrent aussi immédiatement en contraction : cette simple piqûre suffit pour montrer le rôle du cordon nerveux. Celui-ci est sensible ; l'irritation met en jeu cette propriété ; l'impression produite sur lui est transmise au cerveau qui la perçoit, qui la réfléchit et provoque un mouvement dont le principe est rapporté par le même cordon, seulement par des fibres différentes. Il y a donc là un office de conducteur double : d'une part, impressions portées de la périphérie vers le centre par l'élément sensitif; d'autre part, faculté de mouvement envoyée du centre à la circonférence par l'élément moteur. Rien n'est plus facile à démontrer. 1° Si l'on coupe le nerf en travers, le conducteur est interrompu, la partie périphérique n'a plus de communication avec le centre ; vient-on alors à irriter cette dernière, il n'y a plus de douleur, puisqu'il n'y a pas possibilité que l'impression douloureuse soit portée aux centres chargés de la percevoir, mais il y a encore quelques mouvements involontaires limités à la partie où le nerf se rend. Vient-on, au contraire, à irriter l'extrémité qui tient aux centres, il y a douleur, puisqu'il y a transmission de l'impression ; il y a des mouvements dans diverses parties, mais il n'y en a plus dans le muscle dont le nerf est coupé, parce que ce muscle cesse de recevoir, et les ordres de la volonté, et le principe de la contraction qui lui étaient transmis par le nerf avant qu'il fût interrompu dans sa continuité. 2° Si, au lieu de diviser le nerf par une section, on se contente d'appliquer sur son trajet une ligature assez serrée, les effets seront absolument les mêmes ; le lien empêchera les impressions d'aller de la périphérie vers l'encéphale, et les volitions de l'encéphale à la périphérie. 3° Enfin, si l'on applique, comme l'a fait M. Flourens, deux ligatures assez éloignées l'une de l'autre, de manière à intercepter une certaine étendue du trajet du nerf, l'irritation de la partie comprise entre les deux liens ne produira aucun effet, ni douleur, ni contraction, puisque cette partie sera à la fois séparée du centre dont elle provient et du muscle auquel elle se rend ; mais en excitant, ou l'extrémité qui tient à la moelle, ou celle qui tient au muscle, on produira, ou de la douleur, ou des contractions. Après ces dernières épreuves, si les ligatures sont enlevées, le cordon nerveux revient à ses conditions normales, et se comporte sous l'influence des stimulations

diverses comme s'il était demeuré toujours intact. Le nerf est donc un conducteur entre les parties et le centre, comme entre le centre et les parties : la section ou la ligature opérée sur un point de son trajet le brise, et par suite la partie comprise au-dessous de la section peut être irritée impunément sans que l'animal éprouve de la douleur ; elle est dans l'impossibilité de transmettre les impressions qu'elle éprouve et de recevoir les volitions et les incitations motrices ; en un mot, elle est paralysée.

Dans le nerf pris pour sujet de ces expériences, la sensibilité est réunie à la motricité, et cependant les deux propriétés y sont distinctes, elles s'exercent séparément ; l'une peut persister bien que l'autre soit détruite ; enfin elles sont susceptibles d'être isolées par des moyens artificiels. Ces deux propriétés, avant de se confondre, en quelque sorte, dans le même cordon, sont distinctes au point où il sort de la moelle épinière, car il suffit de diviser transversalement les racines supérieures pour le priver de la sensibilité et en faire un nerf exclusivement moteur, ou de couper ses racines inférieures pour lui ôter la motricité et le transformer en un nerf purement sensitif. Du reste, cette séparation, ce démêlement factice que l'art obtient à grand'peine pour les nerfs mixtes, la nature l'opère elle-même pour les nerfs à simples racines.

I. DES NERFS SENSITIFS.

Parmi ceux de cette catégorie, il en est qui sont sensibles seulement à l'action de certains stimulants, comme le nerf optique à la lumière, le nerf olfactif aux odeurs, l'acoustique aux vibrations aériennes, et d'autres qui le sont sous l'influence de tous les excitants ordinaires.

1° **Des nerfs de sensibilité générale.** — Ces nerfs n'ont qu'une seule racine ; ils naissent presque entièrement du cordon supérieur de la moelle et offrent un ou plusieurs renflements ganglionnaires à une faible distance de leur origine. Ce sont : la branche supérieure du trifacial, le glosso-pharyngien et le pneumo-gastrique ; mais il y a contestation au sujet des deux derniers, qui s'adjoignent des filets moteurs après être sortis de la cavité crânienne.

Le mode d'action des nerfs qui président à la sensibilité peut être analysé avec précision, d'une manière générale, aussi bien dans les nerfs mixtes, en faisant abstraction de la motricité, que dans les nerfs qui viennent d'être indiqués : en voici les lois principales.

L'irritation produite sur un point quelconque d'un tronc nerveux n'est pas simplement transmise à l'encéphale, elle détermine encore une sensation dans toutes les parties auxquelles ce tronc distribue des rameaux. En effet, lorsqu'on exerce des pressions réitérées assez fortes sur le nerf radial, à la face interne du bras, on éprouve un sentiment pénible dans les diverses parties de l'avant-bras et de la main. La même chose arrive quand l'irritation est appliquée sur une branche, elle se reproduit dans les divisions qui en émanent, mais elle ne remonte pas dans le tronc, et ne va point dans les autres branches qui se sont détachées avant elle. Sous ce rapport, il y a analogie frappante entre la manière d'agir des nerfs sensitifs et celle des nerfs moteurs. L'irritation d'un tronc de cette dernière catégorie produit des contractions dans toutes les parties où il se rend, et celle d'une branche

dans les seules parties où cette branche se distribue, sans qu'il y ait d'effet rétrograde ni de contractions dans les parties qui reçoivent des divisions détachées, avant la branche irritée.

L'irritation ne passe point non plus d'un nerf dans un autre par les anastomoses ; aussi, quand un nerf est paralysé, les parties auxquelles il se distribue demeurent insensibles, bien que celui qui est anastomosé avec lui conserve l'intégrité de sa fonction ; alors, malgré la communication, l'influence du nerf intact ne se transmet point au nerf malade.

Les impressions perçues par les fibres isolées ne se confondent point, en passant par les troncs, pour arriver au cerveau ; elles restent distinctes, conservent leurs caractères propres et sont perçues isolément. Néanmoins les impressions produites sur un point donné d'une fibre nerveuse ne sont pas toujours rapportées à ce point même, car il paraît que, quelquefois, dans les amputations, les douleurs résultant de la section d'un nerf se font sentir, non pas dans le lieu de la section, mais bien dans les parties auxquelles le nerf se rend. Ces sensations douloureuses produites par l'irritation d'un tronc peuvent du reste être éprouvées, dit-on, à la périphérie, bien que les extrémités ou les branches d'un nerf soient paralysées, pourvu toutefois que le tronc conserve l'intégrité de ses fonctions. Enfin, chose plus étonnante encore, mais dont l'explication est préparée par les particularités précédentes, les sujets privés par l'amputation d'une partie quelconque éprouveraient encore des sensations parfois très douloureuses dans cette partie qui n'existe plus.

2° **Des nerfs de sensibilité spéciale.** — L'irritation des nerfs de sensibilité générale détermine de vives douleurs, et leur ligature ou leur section entraîne la perte du sentiment dans les parties auxquelles ils se rendent. Il n'en est point ainsi des nerfs de sensibilité spéciale ; ceux-ci, préposés à un autre ordre de sensations, sont complétement insensibles à l'action des excitants qui impressionnent les autres : ils peuvent être piqués, tiraillés, coupés, cautérisés, sans que ces manipulations diverses causent la moindre douleur. Seulement, par suite de ces dernières, ils développent des sensations subjectives confuses, analogues à celles plus parfaites qu'ils effectuent sous l'influence de leurs excitants ordinaires. Les nerfs qui présentent ces caractères sont : l'optique, l'olfactif et l'acoustique ; ceux du goût et du toucher jouissent de propriétés différentes.

Il est fort difficile de savoir quelle est la cause de cette dissemblance entre les propriétés caractéristiques des nerfs de sensibilité générale et celles des nerfs de sensibilité spéciale. Peut-être se trouve-t-elle, soit dans l'origine ou le point d'émergence de ces nerfs, soit dans la texture particulière de leurs fibres ; néanmoins, jusqu'ici, les recherches faites sur leur structure, leur terminaison et leur mode de connexion avec les parties centrales du système nerveux, n'ont pas donné une explication satisfaisante d'une telle différence.

L'action des nerfs des sens a encore ceci de très particulier, qu'elle ne s'exerce, dans toute sa plénitude, que sous l'influence de la cinquième paire, influence remarquable et tout à fait exceptionnelle, découverte par M. Magendie, qui déjà avait reconnu le premier, avec Ch. Bell, l'insensibilité de ceux dont nous parlons.

Bien que les nerfs à sensibilité spéciale puissent être irrités sans douleur, leur

irritation provoque quelquefois des contractions : ainsi, celle du nerf optique est suivie de mouvements plus ou moins étendus dans l'iris, mais, du reste, c'est là un phénomène insolite qui peut s'expliquer par les nombreuses anastomoses et communications ganglionnaires établies entre les nerfs de l'œil.

Chacun des nerfs des sens jouit d'une sensibilité à part : l'optique est impressionné par la lumière, l'acoustique par les vibrations de la matière pondérable, l'olfactif par les particules odorantes suspendues dans l'atmosphère. Cette sensibilité est exclusive à chacun d'eux : celui qui reçoit l'action de la lumière ne peut recevoir celle des sons ou des odeurs; aussi les sens ne peuvent-ils se substituer les uns aux autres. Le gustatif ou le lingual de la cinquième paire paraît, jusqu'à un certain point, faire exception ; il semble jouir à la fois de la sensibilité générale et de la spéciale, ce que plusieurs anatomistes expliquent en admettant, dans ce nerf, des fibres d'une nature propre annexées aux autres fibres du trifacial. La propriété de chaque nerf sensoriel de n'être sensible qu'à un excitant déterminé éloigne l'idée d'après laquelle on considère le trifacial comme susceptible de les remplacer tous dans quelques circonstances. Le nerf optique, qu'on a dit manquer chez la taupe où un filet de la cinquième paire en tiendrait lieu, y existe réellement, comme chez les autres mammifères ; et l'olfactif, s'il est atrophié dans les cétacés, n'est pas évidemment remplacé par des filets de la même paire.

Leur mode d'action indique clairement qu'ils possèdent deux facultés distinctes : celle de recevoir une impression, et celle de la transmettre aux centres nerveux. La première varie suivant les nerfs et n'est point la même pour tous ; la seconde est, sans doute, constamment uniforme. L'exercice de ces deux facultés est donc une preuve que les nerfs ne sont point de simples conducteurs, car si leur rôle était borné à ce dernier office, on ne concevrait pas comment, suivant la judicieuse remarque de Mueller, chacun n'est point sensible à tous les genres d'excitations.

II. DES NERFS MOTEURS.

Ils n'ont qu'une seule racine, dérivent du cordon inférieur de la moelle et sont insensibles aux irritations de toute espèce; mais leur stimulation détermine des contractions dans les parties auxquelles ils se rendent; leur compression, leur ligature ou leur section paralysent ces parties sans en altérer la sensibilité. Les nerfs de cette espèce sont : l'oculo-musculaire commun, l'oculo-moteur externe, l'oculo-moteur interne, le facial, l'hypoglosse, l'accessoire de Willis, enfin une partie de la branche inférieure de la cinquième paire, et toutes les racines inférieures des nerfs rachidiens. Parfaitement isolés à leur origine, ils ne tardent pas à s'anastomoser, soit avec des nerfs sensitifs, soit avec des nerfs mixtes, de telle sorte que leur irritation, si elle s'exerce loin de leur naissance, peut déterminer de la douleur. Il importe donc, pour constater leurs propriétés et étudier leur mode d'action, de tenir compte de cette particularité, source de tant d'erreurs dans les expériences.

Les nerfs moteurs ne possèdent pas par eux-mêmes la faculté de développer le principe incitateur des contractions musculaires ; ils ne font que le transmettre des centres dont il émane aux parties chargées d'effectuer le mouvement.

Ils transmettent la force motrice de leur origine vers leur terminaison, ou du

centre vers la périphérie, sans jamais lui faire suivre un cours rétrograde. L'irritation d'un tronc nerveux produit des contractions dans toutes les parties qui reçoivent leurs nerfs au-dessous du point irrité; elle n'en produit point dans celles dont les nerfs se détachent de ce tronc au-dessus du point où se trouve appliquée l'irritation.

La force ou le principe incitateur qu'ils propagent peut être transmis par une fraction d'un tronc, par un certain nombre de fibres, les autres demeurant complétement étrangères à cette propagation : c'est là une vérité qui se démontre rationnellement et par l'expérience. Si, en effet, on irrite, comme l'a fait Mueller, un nerf volumineux avec la pointe d'une aiguille, on voit que les seules parties qui se contractent sont celles qui reçoivent les filets irrités, et la même chose arrive quand on substitue à l'irritation mécanique celle d'un courant galvanique. Du reste, il est indispensable qu'il en soit ainsi pour qu'il n'y ait pas contradiction dans les mouvements volontaires, puisque le même nerf se distribue, à la fois, dans un grand nombre de muscles à actions différentes et même opposées. Il est évident que l'irritation qui va mettre en jeu l'un de ces muscles doit passer seulement par les fibres qui viennent y aboutir ; si elle était répartie entre toutes, elle aurait pour résultat inévitable la contraction simultanée de tous les muscles animés par ce nerf : or c'est ce qui ne saurait arriver sans amener la plus grande confusion dans les mouvements. Cependant, quelquefois, la volonté ne parvient pas à s'exercer isolément sur tels ou tels d'entre eux, alors il y a ce qu'on appelle des mouvements associés ; mais, à part cette circonstance, les fibres nerveuses agissent séparément, sans avoir autre chose de commun que leur rapprochement et leur enveloppe celluleuse. En un mot, elles fonctionnent comme si chacune d'elles formait un nerf particulier, distinct par son origine et sa terminaison.

Le fait de l'indépendance dans laquelle les fibres d'un nerf se trouvent les unes par rapport aux autres est fort remarquable, puisque sans elle il faudrait pour chaque muscle ou chaque groupe de muscles ayant les mêmes usages un nerf particulier. Or on sait que la distribution des cordons nerveux est soumise à une loi bien différente. En effet, le même nerf donne des divisions à plusieurs muscles dont les actions sont dissemblables et même quelquefois opposées ; les exemples en sont assez nombreux. Ainsi, dans le plexus brachial des solipèdes, un des sous-scapulaires donne des branches au muscle sous-scapulaire, à l'adducteur du bras et au sous-épineux, qui n'ont pas une action tout à fait identique ; l'huméral antérieur ou cubito-plantaire donne des filets au grand et au petit pectoral, aux fléchisseurs de l'avant-bras, au fléchisseur interne du métacarpe et aux fléchisseurs des phalanges ; l'huméral postérieur fournit des divisions à quatre extenseurs de l'avant-bras, à l'extenseur antérieur des phalanges, à l'extenseur antérieur du métacarpe, en même temps qu'au fléchisseur externe de la même région. Dans le plexus lombaire, le fémoral antérieur se distribue aux extenseurs et au long adducteur de la jambe, le petit sciatique aux ischio-tibiaux qui sont fléchisseurs de la jambe, au fléchisseur du métatarse et aux extenseurs des phalanges ; le grand sciatique, aux ischio-tibiaux, à l'extenseur du métatarse et aux fléchisseurs de la région digitée. A la tête, la branche inférieure du trifacial se ramifie à la fois dans les muscles qui écartent les mâchoires et dans ceux qui les rapprochent ; à l'encolure, les paires cer-

vicales se rendent en même temps dans les extenseurs et les fléchisseurs. Cependant, aux membres, ce mode de distribution paraît avoir été évité autant que possible, car si un cordon nerveux donne des divisions à plusieurs muscles qui n'ont pas la même action, il est rare qu'il en fournisse à des muscles antagonistes de la même région. L'huméral postérieur est peut-être, pour le membre thoracique, le seul qui fasse exception en donnant des filets à l'extenseur et à un fléchisseur du métacarpe. D'ailleurs, en réfléchissant bien à ce mode de distribution, on voit qu'en général, un nerf se ramifie dans les muscles qui doivent agir ensemble ou successivement, ou, en un mot, dans les muscles associés pour produire un mouvement d'ensemble. C'est ainsi que, par exemple, les fléchisseurs de l'avant-bras, le fléchisseur interne du métacarpe, et les fléchisseurs des phalanges, qui se contractent à la fois pour élever le membre au-dessus du sol et le porter en avant, sont animés par l'huméral antérieur ; de même, les extenseurs de l'avant-bras, ceux des phalanges, et celui du métacarpe, qui agissent simultanément quand le membre doit être ramené à l'appui et maintenu dans l'état d'extension, reçoivent leurs rameaux de l'huméral postérieur. Néanmoins cette sorte de connexion synergique n'est pas partout aussi évidente que dans les cas précédents ; elle est même assez difficile à reconnaître aux membres postérieurs.

La force motrice que transmettent les nerfs dont nous parlons ne passe point de l'un d'eux dans un autre par la voie des anastomoses. Mueller et d'autres expérimentateurs l'ont démontré en irritant successivement les trois nerfs qui, par leur association, constituent le plexus lombaire de la grenouille : ils ont vu que l'irritation d'un seul de ces nerfs au-dessus du plexus produit des contractions dans des points différents de ceux où elles se manifestent lors de la stimulation du second ou du troisième ; or, si la communication s'effectuait, l'irritation de l'un des trois au-dessus du plexus déterminerait en même temps des contractions dans toutes les parties où ces trois nerfs se distribuent. D'ailleurs, dans le cas de paralysie, de section ou de ligature d'un nerf, les anastomoses ne font point passer la force incitatrice des mouvements du cordon sain dans le cordon malade ; sans cela, la paralysie du nerf n'entraînerait point celle des muscles auxquels il se rend. Cependant, comme lors d'une communication entre des nerfs, un certain nombre de fibres passent de l'un dans l'autre, il est évident que la force du nerf intact peut passer dans le nerf lésé, mais seulement dans les fibres que ce dernier reçoit ; c'est à cela que se borne la transmission. Les assertions contradictoires de Panizza sont trop peu fondées pour qu'elles puissent infirmer une vérité si bien établie. Il suffit de jeter les yeux sur des anastomoses nerveuses (fig. 5) pour voir qu'il ne saurait en être autrement.

Fig. 5.

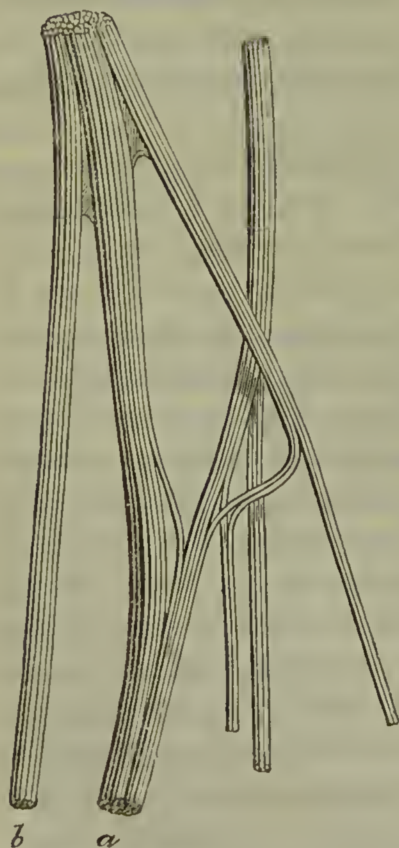


Fig. 5. *Anastomose du plexus brachial du cheval.*

a. Huméral moyen.
b. Huméral postérieur.

Bien que les nerfs moteurs ne paraissent avoir d'autre action que celle qui en fait des conducteurs; bien que le principe incitateur du mouvement vienne des centres et qu'il ne puisse passer et se propager en eux qu'autant qu'ils communiquent librement, soit avec le cerveau, soit avec la moelle épinière, et que leur trajet n'est nullement interrompu, ils produisent dans certaines circonstances des phénomènes dont la nature n'est pas parfaitement d'accord avec les propriétés que l'on reconnaît à ces parties.

Lorsqu'un nerf moteur est coupé en travers et que l'on vient à irriter la partie qui tient aux muscles, ceux-ci entrent aussitôt en contraction. Cet effet peut être produit par la piqûre, la compression, l'action du feu, de certains caustiques et surtout du galvanisme; il semble prouver que le nerf possède en lui la faculté de déterminer les contractions musculaires, à la condition qu'elle sera mise en jeu ou excitée par un stimulant assez énergique : peut-être les centres nerveux n'agissent-ils sur cette propriété que d'une manière analogue? S'il en était ainsi, les nerfs moteurs jouiraient de deux propriétés, savoir : l'excitabilité, ou la faculté de provoquer des contractions musculaires, et la faculté conductrice; par là ils ressembleraient aux nerfs sensitifs, qui, eux aussi, possèdent deux facultés distinctes : celle d'être impressionnés par divers agents, et celle de transmettre ou de conduire l'impression aux centres qui doivent la percevoir et la convertir en sensation. Quoi qu'il en soit, cette excitabilité persiste dans le nerf longtemps après qu'il a été séparé du cerveau ou de la moelle épinière; elle cesse au bout de quelques semaines d'après Mueller, et de quelques jours d'après Astley Cooper. Longet (1) ne l'a pas vue survivre plus de quatre jours à la section : après ce temps, le nerf, mis en rapport avec un courant galvanique assez faible pour ne pas agir directement sur les muscles, n'a provoqué aucune contraction musculaire. Néanmoins, d'après ce dernier physiologiste la contractilité du muscle survivrait même deux ou trois mois à l'extinction de l'excitabilité du nerf; d'où il conclut à l'indépendance à peu près complète dans laquelle l'une se trouverait relativement à l'autre, et par suite il va presque jusqu'à considérer, avec Haller, la contractilité comme une propriété inhérente à la fibre musculaire. Mais les expériences sur lesquelles s'appuie cette opinion ne me paraissent pas assez concluantes. Après la section de la septième paire et la perte de l'excitabilité dans sa partie inférieure, si les muscles de la face sont encore au bout de onze semaines susceptibles de se contracter par l'action du galvanisme, ne serait-ce pas en raison de ce que leur contractilité a pu être entretenue par les rameaux moteurs ou mixtes du nerf de la cinquième paire. De même, après la section des deux sciatiques d'un lapin ou d'un cochon d'Inde, si la contractilité s'entretient dans les pattes pendant plusieurs mois, faut-il admettre avec M. Brown-Sequard (2) que la contractilité a réellement persisté dans les muscles privés de l'influence nerveuse, et que par conséquent elle constitue une faculté indépendante de cette dernière? Non, certes, à moins de prendre pour rien tous les autres nerfs de la patte qui n'ont point été coupés, lesquels ont continué à animer un certain nombre de muscles suffisants pour mettre en mouvement les extrémités.

(1) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. 1, p. 59.
(2) *Comptes rendus de la Société de biologie*. 1849, p. 195.

Évidemment ce n'était point la patte tout entière qu'il fallait galvaniser, mais c'était seulement les muscles complétement privés de ramifications nerveuses; alors il eût été possible de bien constater la persistance d'une contractilité indépendante de l'intervention des nerfs.

III. DES NERFS MIXTES.

Ceux-ci, constitués par des fibres sensitives et des fibres motrices, naissent par deux racines, l'une émanant du cordon supérieur, l'autre du cordon inférieur de la moelle, lesquelles se réunissent à une certaine distance de leur émergence, au niveau d'un ou de plusieurs ganglions appartenant exclusivement à la racine supérieure. Il n'en est aucun qui soit mixte, au point même où il se détache de la moelle.

Tous les nerfs rachidiens rentrent dans cette catégorie, ainsi que plusieurs nerfs encéphaliques qui s'anastomosent, les sensitifs avec les moteurs, et réciproquement. Néanmoins les perniers ne peuvent être mis sur la même ligne que les autres, attendu que, d'une part, les anastomoses n'ont point toujours lieu par l'intermédiaire de ganglions, et que, d'autre part, elles s'effectuent dans des proportions telles que l'élément sensitif prédomine dans les uns et l'élément moteur dans les autres.

En général, les nerfs mixtes sont formés par des fibres sensitives un peu plus nombreuses que les fibres motrices, autant du moins qu'on peut en juger à la simple inspection. Blandin a cru pouvoir établir que cette proportion, assez variable, était dans l'homme entre les racines postérieures et les antérieures :: 2 : 1 au cou, :: 1 : 1 au dos, et comme 1 1/2 : 1 à la région des lombes. Il explique la prédominance des racines sensitives sur les motrices, au niveau du plexus brachial, par l'usage des membres thoraciques qui doivent servir au toucher, tandis que les abdominaux ne sont préposés qu'à la locomotion. Dans le chien et d'autres quadrupèdes, il y aurait à peu près égalité entre les unes et les autres, par suite de la même destination des extrémités. Je n'ai jamais pu, sur le cheval, déterminer cette proportion ni au niveau des plexus, ni dans les points intermédiaires.

Quelles que soient les proportions qui existent entre la quantité des fibres sensitives et celle des fibres motrices dans les nerfs mixtes, ces fibres ne se confondent point, et n'ont entre elles aucune communication transversale; chacune reste distincte et conserve son caractère spécial, depuis sa sortie de la moelle jusqu'à sa terminaison périphérique, de sorte qu'il y a réellement deux nerfs, dans chaque nerf mixte, nerfs distincts à leur émergence, distincts encore souvent à leur extrémité terminale ; car on voit les branches sensitives se porter à la peau, et les branches motrices aux muscles où elles restent cependant accolées encore à une certaine quantité des premières. Par ces ingénieux artifices de l'union des éléments nerveux et de leur mélange sans confusion, les fibres sensitives et les fibres motrices se distribuent à la fois aux parties dans lesquelles leur présence est nécessaire, et isolément, les unes à l'exclusion des autres, lorsque toutes ne sont pas indispensables.

Une fois les propriétés et les fonctions des nerfs sensitifs et des nerfs moteurs

connues, il devient facile de déterminer celles des nerfs mixtes qui résultent de l'association des premières avec les secondes. Le nerf mixte conduit les impressions de la périphérie vers les parties centrales et l'excitation motrice de celles-ci vers les muscles. Il est le siége d'un double courant : l'un, centripète, pour les impressions; l'autre, centrifuge, pour les volitions et la force motrice. Chacun de ces courants s'opérant dans des fibres distinctes, le premier dans celles des racines supérieures, le second dans celles des racines inférieures, ils ne peuvent ni se croiser ni se confondre. Ce nerf est à la fois sensible et excitable; l'excitation qu'il éprouve détermine de la douleur et des contractions. Enfin, dans toutes les circonstances, son action se compose de deux actions qui s'opèrent ensemble comme si elles s'opéraient isolément, et ces deux actions sont susceptibles de se séparer, comme cela s'observe dans les paralysies simples : l'une peut se perdre, tandis que l'autre persiste dans toute son intégrité; en un mot, il peut y avoir paralysie du sentiment avec conservation du mouvement, et *vice versâ*.

CHAPITRE V.

FONCTIONS DU GRAND SYMPATHIQUE.

Le cerveau, la moelle épinière, les nerfs encéphaliques et les nerfs rachidiens dont nous venons d'examiner l'action générale, ne forment pas à eux seuls tout le système nerveux : celui-ci comprend encore cette série de ganglions et de filets qui constituent, par leur ensemble, le grand sympathique, série tantôt considérée comme partie intégrante de ce système, tantôt, au contraire, comme étant un système spécial plus ou moins distinct et indépendant du premier.

Considérations générales. — Avant Bichat, déjà quelques anatomistes avaient été frappés des caractères insolites du grand sympathique : ils avaient remarqué, dans la disposition générale de ce nerf, dans son mode de distribution, sa texture et ses propriétés, des particularités qui le distinguent essentiellement de tous les autres; mais leurs observations étaient à peu près demeurées stériles et n'avaient donné à personne l'idée de le séparer complétement du système cérébro-spinal. Bichat, qui avait vu dans l'organisme deux ordres de fonctions, les unes chargées de mettre l'animal en relation avec le monde extérieur, les autres destinées à le nourrir et à le conserver, rapporta les premières à l'influence des nerfs cérébro-spinaux et fit dépendre les secondes de celle de nerfs ganglionnaires : d'où il distingua le système nerveux de la vie animale de celui de la vie organique, l'un ayant un centre unique, le cerveau, auquel les nerfs apportent les impressions et d'où ils emportent les volitions, l'autre ayant autant de centres qu'il y a de ganglions ou de petits cerveaux indépendants. De ces deux systèmes nerveux, le premier est symétrique, parce qu'il se distribue à des organes qui le sont aussi; sa symétrie se retrouve partout, aussi bien dans les parties périphériques que dans les masses centrales; sa moitié droite peut quelquefois agir seule lorsque la gauche est pa-

ralysée, et réciproquement. Le second est insymétrique, irrégulier, parce qu'il se rend dans les organes qui ont ce caractère. La forme de ses plexus, de ses ganglions et de ses filets offre une foule de variations; chacun de ses renflements ganglionnaires reçoit et donne un certain nombre de filets dont quelques uns servent à le mettre en communication avec les renflements voisins ou avec les nerfs de la vie animale; mais il est indépendant et n'a avec les autres rien de commun que par ces anastomoses. Ce système de vie organique a une structure particulière et des propriétés spéciales; il ne sert point aux sensations ni à la locomotion volontaire; il préside aux actions obscures de la nutrition, des sécrétions, etc. Cette grande distinction, établie par Bichat, était poussée trop loin; leur auteur s'en exagéra l'importance: il ne vit point que de ces deux systèmes qu'il isolait, l'un a de la prééminence sur l'autre, qu'il tient sous sa dépendance.

Le grand sympathique existe chez tous les animaux vertébrés. Il offre son maximum de développement dans les mammifères supérieurs, et décroît, d'après les observations de Cuvier, de Blainville et de la plupart des anatomistes, à mesure qu'on s'éloigne davantage de l'espèce humaine. La cause de cette décroissance paraît résulter de ce que ce nerf, étant destiné à soustraire, en partie, les fonctions végétatives à l'influence du système cérébro-spinal, il a d'autant moins besoin d'un grand développement que cette influence s'affaiblit d'une manière progressive des mammifères aux oiseaux, de ceux-ci aux reptiles et enfin de ces derniers aux poissons. Elle paraît tenir aussi, suivant M. Serres, à l'atrophie graduelle de l'appareil circulatoire, auquel le sympathique est plus spécialement destiné. Quoi qu'il en soit, le trisplanchnique se montre déjà, comme il a été dit précédemment, chez les invertébrés, notamment les annélides et les crustacés; mais il ne s'y distingue pas très bien des autres nerfs. Il est très grêle dans les poissons, où il offre à peine quelques petits renflements; néanmoins, dans ces animaux, il communique avec les nerfs crâniens et spinaux. Dans les reptiles, il est encore si peu apparent que quelquefois il n'aurait pas été rencontré; mais il offre, dans les tortues, des ganglions fort reconnaissables, anastomosés les uns avec les autres et donnant des rameaux aux viscères. Dans les oiseaux, on le voit prendre un développement considérable: sa portion cervicale qui avait paru manquer suit l'artère vertébrale dans le conduit trachélien des vertèbres. Enfin, dans les mammifères, sa disposition offre des caractères à peu près constants.

Il constitue chez eux un véritable réseau s'étendant d'une extrémité du corps à l'autre, et formé: dans la région céphalique, par les ganglions ophthalmique, sphéno-palatin, otique et sous-maxillaire, qui reçoivent des filets sensitifs et moteurs de plusieurs nerfs crâniens; dans la région cervicale, par le ganglion cervical supérieur, le filet accolé au pneumo-gastrique et celui qui accompagne l'artère vertébrale; dans la région thoracique, par le ganglion cervical inférieur, le cordon sous-costal, les plexus cardiaque et pulmonaire; enfin, dans la région abdominale, par le ganglion semi-lunaire, les plexus solaire, cœliaque, mésentérique postérieur, les cordons qui suivent les vertèbres se continuent dans la cavité pelvienne et tout le coccyx. Il est partout continu à lui-même et en communication avec les nerfs cérébro-spinaux: à la tête, par les nerfs moteurs de l'œil, le trifacial, et au cou par les paires cervicales; dans le thorax et l'abdomen, par le nerf vague, par

toutes les paires dorsales, lombaires et sacrées, d'où résulte un rapport intime entre lui et le système nerveux de la vie animale. Enfin, il se distribue par une infinité de filets aux parois des vaisseaux, aux glandes, au cœur, au poumon, au foie, à la rate, à l'estomac et à tous les autres viscères, surtout à ceux de l'abdomen qui ont leurs artères enlacées par des réseaux plexiformes très serrés (fig. 6).

Quelques uns de ces organes, tels que le foie, l'intestin, ne reçoivent que des divisions ganglionnaires; d'autres, comme le poumon, l'estomac, reçoivent en même temps des nerfs encéphaliques; enfin, quelques uns, la vessie, le testicule, le sphincter, le rectum, possèdent des ramifications du grand sympathique associées à des nerfs rachidiens. Ces diverses particularités sont essentielles à noter pour comprendre le rôle du système ganglionnaire.

Fig. 6.



Fig. 6. — *Artère splénique du cheval à son origine, entourée des filets ganglionnaires.*

Propriétés. — Les propriétés des nerfs ganglionnaires sont assez difficiles à déterminer. Ces nerfs et leurs ganglions ont paru insensibles à quelques observateurs. Bichat a irrité le ganglion semi-lunaire du chien sans provoquer de douleur appréciable; Vutzer, Lobstein, disent avoir obtenu le même résultat; mais Haller avait déjà vu l'irritation du plexus hépatique développer de la douleur à laquelle les filets du nerf vague n'étaient peut-être pas étrangers; M. Flourens a constamment observé que le pincement du ganglion semi-lunaire du lapin excite de vives douleurs et que celui des ganglions cervicaux donne lieu, de loin en loin, à des manifestations d'une sensibilité obscure. Müller et M. Longet ont fait des remarques semblables; ils ont toujours trouvé le ganglion semi-lunaire sensible. En pinçant ou en piquant celui du bélier, j'ai vu l'animal exécuter des mouvements brusques; et en coupant le ganglion guttural du cheval, que Dupuy a dit insensible, j'ai vu également se manifester une douleur non équivoque. Ainsi il n'est pas permis de douter de la sensibilité des ganglions du grand sympathique, sensibilité qui paraît assez vive dans le semi-lunaire et beaucoup plus faible dans les cervicaux. Celle des filets est peut-être moins évidente : Müller a vu cependant la ligature des nerfs rénaux, très douloureuse; j'ai remarqué aussi que la ligature de l'artère cœliaque, de l'artère splénique et des mésentériques entourées, comme on le sait, de nombreuses ramifications ganglionnaires, produit toujours de la douleur chez le cheval. Cet effet a été surtout très marqué à la cœliaque et à l'artère splénique dont les plexus avaient paru insensibles à Haller (1),

(1) *Mém. sur la nature sensible*, etc., t. I, p. 218.

Dans d'autres points, la sensibilité n'est pas aussi manifeste : le filet cervical, par exemple, a été souvent pincé, piqué et coupé sans que le cheval fît aucun mouvement ; son irritation ne devenait douloureuse que lorsqu'en le tiraillant on exécutait en même temps une traction sur le pneumo-gastrique. Quoi qu'il en soit, on ne peut nier la sensibilité du grand sympathique, si exaltée dans certaines circonstances, comme le prouvent les douleurs atroces des solipèdes tourmentés de coliques. Mais cette sensibilité n'étant pas assez exquise pour être mise en jeu par des irritations faibles, on peut regarder comme vraisemblable cette ingénieuse hypothèse de Reil, d'après laquelle les nerfs et les ganglions seraient des demi-conducteurs qui arrêtent les impressions faibles et ne laissent passer que les plus vives.

Les nerfs ganglionnaires ne sont pas seulement sensibles, il sont encore excitables, c'est-à-dire qu'ils jouissent de la faculté de déterminer des contractions musculaires involontaires. A. de Humboldt, en mettant les nerfs cardiaques en rapport avec un courant galvanique, a vu, après la mort, les mouvements du cœur reparaître. Burdach a accéléré la vitesse des contractions de cet organe, sur un lapin qu'on venait de tuer, en arrosant ses nerfs avec de la potasse ou de l'ammoniaque ; enfin, Müller et M. Longet ont vu les mouvements de l'intestin, après qu'ils s'étaient ralentis ou à peu près éteints, reprendre une grande vivacité dès qu'on touchait le ganglion semi-lunaire avec de la potasse caustique. J'ai observé aussi que le côlon replié du cheval, dont les mouvements sont peu apparents dans les circonstances ordinaires, se contracte énergiquement quand on vient à pincer ou à irriter avec de l'acide azotique les gros cordons nerveux qui longent ses artères. Dans tous les cas, on remarque que l'effet de l'irritation n'est point instantané, comme celui qui résulte de l'irritation des nerfs rachidiens ; ce n'est qu'après quelques secondes que la contraction en est la conséquence, et cette contraction persiste encore un certain temps, après que la cause a cessé d'agir. Du reste, on ne sait si le principe incitateur des mouvements développés dans ces circonstances, sous l'influence des nerfs ganglionnaires, vient de la moelle, des ganglions du sympathique ou de ses filets : le fait de la persistance des mouvements du cœur et de l'intestin avec leur rhythme normal, après que ces organes sont séparés du corps ainsi que des ganglions et des plexus nerveux, semble indiquer qu'il vient des filets eux-mêmes.

Le grand sympathique est donc doué d'une sensibilité spéciale et de la faculté d'exciter des mouvements, deux propriétés dont l'existence s'explique dans ce nerf par les fibres sensitives et les fibres motrices qu'il reçoit du système cérébro-spinal, à la tête, au cou, dans le thorax et l'abdomen, fibres que l'on a pu suivre jusque dans l'intérieur des ganglions où elles se mêlent avec celles qui sont propres à ces derniers ; là, leur mélange est si intime qu'il n'est plus possible de distinguer les premières des secondes, car elles sont toutes tubuleuses, seulement parmi celles des filets du sympathique il se trouve des fibres particulières décrites par Retzius et Remak, et plongées dans une gangue granuleuse plus ou moins analogue à la substance grise de la moelle épinière. Du reste, ces fibres grises, plus déliées, plus pâles que les fibres sensitives et motrices, se trouvent aussi, mais en moindre proportion dans les nerfs cérébro-spinaux. Certains auteurs, Waller (1) entre autres,

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1852, t. XXXIV, p. 847.

les regardent comme des fibres embryonnaires arrêtées dans leur développement.

Fonctions. — Les fonctions du grand sympathique résultent de ses propriétés. Elles paraissent pouvoir être rattachées : 1° à la sensibilité, 2° au mouvement, 3° aux actions organiques des parties dans lesquelles il se distribue. Avant de les envisager sous ce triple point de vue, il faut voir si elles tiennent à l'activité propre du nerf ou à celle du système cérébro-spinal, ou enfin, à la fois, à l'une et à l'autre.

Bichat pensait que le système ganglionnaire jouissait d'une activité spéciale, indépendante, qu'il tenait de soi et pouvait exercer seul : cette activité n'aurait point, suivant lui, un centre unique, mais procéderait d'autant de centres qu'il y a de renflements ou de ganglions faisant chacun l'office d'un petit cerveau indépendant de l'encéphale et de tous les autres ganglions semblables. Et non seulement, dans son opinion, ces cerveaux seraient par eux-mêmes les instruments de l'activité de ce système, mais ils seraient encore les agents chargés de l'isoler de celle du système cérébro-spinal, en arrêtant les impressions qui tendent à se propager à la moelle et à l'encéphale, et en empêchant les volitions d'arriver aux muscles dont les mouvements doivent être indépendants de la volonté ; ils recevraient eux-mêmes ces impressions sans qu'elles fussent senties et réagiraient ensuite pour provoquer les mouvements involontaires : par là ils deviendraient chacun la cause d'une action réflexe, comparable à celle de la moelle, d'autant mieux que les ganglions reçoivent des impressions qui n'ont pas besoin d'être senties de l'encéphale pour provoquer des mouvements plus ou moins involontaires. Dans certaines circonstances, néanmoins, les ganglions cesseraient d'être isolants, les impressions les traverseraient pour arriver aux centres cérébro-spinaux dont la réaction traverserait également ces petits organes et influencerait ainsi directement les mouvements de la vie organique. La sphère d'activité du système ganglionnaire serait donc, comme le disait Reil, une sphère distincte à laquelle aboutiraient les impressions, et de laquelle partiraient des incitations motrices, sans que ni les unes ni les autres puissent en sortir, du moins à l'état normal. Évidemment, il y a dans cette manière d'envisager les choses beaucoup d'exagération et d'inexactitude ; mais comme on ne conçoit pas la possibilité d'isoler expérimentalement, d'une manière complète, le système ganglionnaire, c'est-à-dire de détruire toutes les communications qui existent entre lui et le cérébro-spinal, il est bien difficile de la réfuter directement.

Cependant les recherches récentes de MM. Budge et Waller (1) tendent à démontrer que le grand sympathique tire le principe de son action de la moelle épinière. Ces expérimentateurs ayant noté, d'une part, que la section du filet cervical de ce nerf détermine un resserrement de la pupille, ainsi que Pourfour du Petit en avait déjà fait la remarque, et d'autre part que la galvanisation du même filet produit, au contraire, une dilatation considérable de cette ouverture, ont voulu trouver le point de départ de l'influence motrice exercée sur l'iris par le sympathique. Ils ont constaté que ce point existe dans un segment de la moelle épinière compris entre la dernière vertèbre cervicale et la deuxième dorsale. En effet, si l'on galvanise cette partie, les pupilles se dilatent des deux côtés comme dans le cas où l'irritation est appliquée

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 1851, t. XXXIII, p. 370 ; 1852, t. XXXV, p. 255.

aux filets cervicaux ; la dilatation ne s'opère plus que d'un seul côté si l'un des nerfs est coupé, et elle n'a lieu ni de l'un ni de l'autre dès que les deux nerfs sont divisés. La galvanisation des autres parties de la moelle reste sans aucune action sur les mouvements de l'iris. M. Budge prouve par des expériences fort simples que l'influence motrice exercée par les filets du sympathique sur l'œil provient directement de la moelle et non des ganglions spinaux. Après avoir mis à découvert la première et la deuxième paire des nerfs dorsaux, il irrite la racine postérieure de la première paire, et bientôt la pupille se dilate du côté de la paire irritée ; mais dès que la racine est coupée en travers, l'irritation appliquée sur elle reste sans effet, puisque le pouvoir réflexe de la moelle ne peut plus se transmettre. Il est évident, que si dans cette circonstance le ganglion était l'organe réflecteur, l'irritation de la racine postérieure contribuerait à produire la dilatation de la pupille comme avant la section.

D'après ces résultats, peut-être un peu trop spéciaux, il semble que l'activité du sympathique soit empruntée à celle du système cérébro-spinal. Cependant il ne faudrait pas croire que cette dernière passe tout simplement dans les nerfs ganglionnaires, bien qu'une telle manière d'envisager les phénomènes convienne parfaitement à l'idée de l'unité fonctionnelle du système nerveux. En effet, si l'activité du sympathique n'était autre que celle des nerfs de la vie animale, il devrait se comporter de la même manière que ces derniers ; ses ganglions seraient comme ceux qu'on trouve sur le trajet ou à l'origine des nerfs rachidiens, ils n'auraient aucune propriété isolante ; ses filets agiraient de la même manière que tous les autres nerfs ; ils transmettraient aux centres les impressions venues de tous les points d'où ils partent, et ces impressions seraient senties ; ils porteraient des centres à la circonférence le principe incitateur des mouvements qui alors deviendraient volontaires. En un mot, tout se passerait dans la vie organique comme dans la vie animale ; partout les impressions seraient senties, partout les mouvements seraient volontaires. Le but serait manqué, car c'est précisément cette uniformité qui doit être détruite pour mettre toute une série de fonctions en dehors des influences qui régissent les autres.

Si donc l'activité que déploie le sympathique ne paraît pas lui appartenir en propre, et si elle ne paraît pas non plus être celle du système cérébro-spinal, il faut qu'elle soit une activité mixte, combinée, résultant de l'association des deux : c'est aussi ce qu'une analyse rigoureuse tend à démontrer ; et c'est par cette dépendance, cette liaison de deux activités que se trouve fondée l'unité fonctionnelle du système nerveux, comme c'est par leur séparation, jusqu'à un certain degré, que se trouve établie la dualité dont Bichat s'était exagéré l'importance. Il n'est pas difficile d'en donner des preuves, autant du moins que le permet le vague et l'obscurité qui règnent sur ce sujet. Et d'abord, à quoi serviraient toutes ces communications, ces anastomoses au niveau de l'origine de chaque paire rachidienne et avec tant de nerfs, si ces deux systèmes avaient une activité indépendante, et s'ils ne devaient pas s'influencer réciproquement : leur existence, leur nombre ne sont-ils pas déjà des preuves de cette subordination de l'un par rapport à l'autre ? Ensuite n'y a-t-il pas des organes sur lesquels les nerfs de l'encéphale ne peuvent agir que par l'intermédiaire des nerfs ganglionnaires ? Le cœur, que Legallois plaçait sous l'influence

de la moelle, bat encore longtemps après la destruction de cette partie et celle de l'encéphale lui-même, parce qu'il tire une partie de son activité du sympathique; mais alors ses mouvements s'affaiblissent, parce qu'il la tire aussi en partie de la moelle, et surtout de la moelle allongée par l'intermédiaire des pneumo-gastriques.

Pour beaucoup d'organes on voit aussi clairement que l'influence exercée par le nerf sympathique est le résultat de l'association de son action propre avec celle de l'autre système. La frayeur, une émotion vive, accélèrent les battements du cœur, les contractions et les sécrétions intestinales; la paralysie de la moelle entraîne bientôt une diminution dans la contractilité des tuniques de l'intestin; la destruction de cette partie amène un affaiblissement dans les mouvements du cœur, etc; mais dans ces diverses circonstances on voit se manifester la double influence nerveuse. La preuve que les mouvements du cœur ne tiennent pas seulement à l'action cérébro-spinale, c'est qu'ils ne cessent point quand cette action vient à s'éteindre; c'est qu'après la section des pneumo-gastriques et la destruction de la moelle, ils continuent; c'est qu'enfin ils persistent même, alors que ce cœur et cet intestin sont complétement détruits et isolés des plexus d'où ils tirent leurs ramifications nerveuses.

Ainsi l'action exercée sur ces organes est double, c'est à la fois celle des nerfs cérébro-spinaux et des nerfs ganglionnaires. La première ne s'exerce que par l'intermédiaire de la seconde; ces deux actions se combinent, se complètent par leur association; mais elles peuvent être en quelque sorte dissociées et analysées, soit par la maladie, soit par les artifices de l'expérimentation, de telle sorte que l'une étant distincte, l'autre subsiste affaiblie, tronquée, insuffisante. Ceci posé, il reste à rechercher comment et suivant quelles lois cette action s'exerce, et quels effets elle produit. Tout ce qui précède ne fût-il qu'une fiction, que la démonstration qui reste à faire n'y perdrait rien; car on peut très bien étudier les lois, les phénomènes d'une force dont on ne connaît ni l'origine, ni la nature.

Action sensitive. — Le sympathique ne donne aux parties dans lesquelles il se distribue qu'une sensibilité assez obscure et cela se conçoit, puisque celle qu'il possède lui-même est assez faible, vu le petit nombre de fibres sensitives qui entrent dans sa composition. Cette sensibilité, qui est, du reste, assez variable suivant les organes, n'est jamais très prononcée, même dans ceux qui reçoivent avec des nerfs ganglionnaires d'autres nerfs cérébraux ou rachidiens. Ainsi j'ai pu piquer le cœur par une petite ouverture faite à la poitrine, sans produire une douleur bien manifeste; j'ai pu également faire parvenir dans son intérieur de petites sphères de plomb et l'extrémité d'une sonde d'osier sans causer une forte douleur; néanmoins il y avait dans ces deux cas des marques non équivoques de sensibilité. J'ai vu aussi des dissolutions d'émétique, de sublimé corrosif, de sulfate de zinc et d'autres substances injectées dans la jugulaire, déterminer, dès qu'elles arrivaient dans les cavités cardiaques, une sensation traduite par des mouvements brusques de l'animal. Toutes les fois que j'ai fait de petites taillades au foie, des piqûres au rein, à la rate, des incisions à l'estomac, des ligatures sur l'intestin, il ne s'est pas produit dans le moment de douleur bien évidente, comme Haller et d'autres l'avaient constaté; mais on sait qu'à la suite de semblables mutilations les parties qui les ont éprouvées deviennent très douloureuses. Les impressions produites sur ces parties à l'état

normal ne sont point non plus ordinairement senties : les aliments âcres, irritants, les égagropiles, les calculs même très volumineux, n'éveillent pas habituellement la sensibilité du tube intestinal ; l'estomac se vide, le chyme circule dans l'intestin, le travail digestif s'accomplit sans que l'animal en ait conscience. Ceux d'entre ces organes qui reçoivent des nerfs crâniens ou rachidiens, en même temps que des nerfs ganglionnaires, sont plus sensibles ; le contact des ténettes avec la muqueuse de la vessie est vivement senti ; celui des substances très irritantes mises en contact avec la tunique interne de l'estomac paraît l'être aussi, si l'on en juge par les vomissements qu'il provoque chez certains animaux. Ces diverses impressions paraissent, même quand elles ne sont pas senties, sortir de la sphère du sympathique et arriver jusqu'à la moelle où elles provoquent des mouvements réflexes. Ainsi Müller, en irritant avec la pointe d'une aiguille le nerf splanchnique, a observé des contractions convulsives dans les muscles abdominaux. Volkmann, en piquant l'intestin d'une grenouille décapitée, a vu survenir des mouvements dans le tronc. De pareils effets ne peuvent se produire que par une action réflexe de la moelle, consécutive à une impression qui lui est communiquée, et l'impression ne peut être transmise qu'autant qu'elle a pu traverser les ganglions et arriver aux filets par lesquels le sympathique se met en relation avec les nerfs rachidiens, d'où résulte cette conséquence que les ganglions ne sont point des organes isolateurs parfaits. Il reste à savoir comment il se fait que ces impressions arrivant à la moelle ne soient pas toujours senties ou converties en sensations. Müller (1) et M. Longet (2) disent que c'est parce qu'elles s'évanouissent dans la moelle. Dans les cas où elles sont senties, il est évident qu'elles viennent jusqu'à l'encéphale et elles y arrivent toutes les fois qu'elles sont très vives, surtout dans les maladies. Alors la singulière hypothèse de Müller n'est point acceptable, elle implique contradiction, car cette fois les impressions ne s'évanouissent plus dans le cordon médullaire.

L'action réflexe que Prochaska avait attribuée aux ganglions du sympathique ne paraît pas démontrée. Il avait admis que les impressions arrivées aux ganglions par les filets sensitifs étaient réfléchies sur les filets moteurs et excitaient des contractions dans les parties où ces filets viennent se rendre. Quelques expériences tendent cependant à confirmer cette manière de voir ; mais elles ne sont ni assez nombreuses ni assez concluantes pour trancher la question.

Action motrice. — Le rôle du grand sympathique, relativement à la motricité des parties dans lesquelles il se distribue, offre un très grand nombre de particularités remarquables.

Les mouvements que ce nerf détermine sont involontaires, non seulement dans les organes qu'il anime seul, mais encore dans ceux qui reçoivent en même temps comme le cœur, l'œsophage, l'estomac, la vessie des nerfs cérébraux ou rachidiens. Ils sont ordinairement faibles, lents, comme dans les intestins, les estomacs membraneux ; d'autres fois plus énergiques, comme ceux du col de l'utérus, des canaux excréteurs des glandes salivaires, du gésier des oiseaux granivores ; enfin, par exception, très rapides, comme ceux du cœur nous en donnent un exemple.

(1) *Manuel de physiologie*, 2e édit., Paris, 1851, t. I, p. 669.
(2) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. II, p. 582.

Presque tous s'effectuent suivant un ordre régulier, rhythmique, plus ou moins bien caractérisé : l'intestin a ses contractions péristaltiques ou ondulées dirigées des parties antérieures vers les postérieures ; l'œsophage, l'estomac en ont d'analogues ; le cœur se contracte même aussi dans ce sens, chez le fœtus, d'après Haller ; plus tard, son rhythme est différent et tout particulier. Le caractère de ce mouvement rhythmique, quoique subordonné en partie à la forme des organes et au mode général de la contraction musculaire, a en lui quelque chose de spécial comme l'alternative de la contraction des oreillettes et des ventricules pour le cœur, le sens des ondulations pour l'intestin. Dans ce dernier organe, une simple inversion donne lieu aux mouvements antipéristaltiques.

Les irritations appliquées, soit aux organes, soit à leurs nerfs ou à leurs ganglions, soit à la moelle épinière ou à l'encéphale, accélèrent et modifient les mouvements dépendants de l'influence nerveuse ganglionnaire, changent leur énergie, leur rhythme, mais elles n'agissent pas avec la même intensité et la même rapidité sur toutes les parties. Le cœur est peut-être de tous les organes celui qui en est le plus vivement et le plus promptement affecté ; la moindre irritation des centres précipite sur-le-champ ses battements ; une piqûre légère faite à sa substance produit le même effet ainsi que les liquides irritants injectés dans sa cavité par l'intermédiaire des veines. L'intestin ne ressent ces impressions qu'au bout d'un temps plus long et sa réaction n'est jamais instantanée ; il se montre, par exemple, toujours un intervalle appréciable entre la stimulation du ganglion semi-lunaire ou le pincement des nerfs qui entourent les artères intestinales, et la contraction que ces mouvements provoquent. C'est à cause de cela que Müller a dit que le mouvement du principe nerveux dans le sympathique est susceptible d'être mesuré. Toutefois la vitesse de ce mouvement n'est pas la même dans toutes les circonstances. Ainsi on voit le pincement des nerfs des artères coliques amener un résultat presque instantané, si l'on expérimente aussitôt après la mort, tandis que la même cause ne produit cette réaction qu'après quelques secondes, si l'on attend un certain laps de temps. Ces mouvements ont encore cela de très remarquable, qu'ils survivent plusieurs minutes à la cause qui les a provoqués, tout en conservant leur type normal. Du reste, ce ne sont pas seulement les irritations vives qui accélèrent les mouvements dans les organes soumis à l'influence des nerfs ganglionnaires : les plus légères peuvent produire ce résultat : ainsi le simple contact de l'air suffit, comme on sait, pour faire resserrer les vaisseaux chylifères, à tel point, que bientôt, de pleins qu'ils étaient, ils deviennent si affaissés, qu'ils sont presque imperceptibles. Cette action de l'air sur l'intestin rend les contractions de cet organe si vives et si énergiques, qu'après les expériences où l'on a ouvert largement l'abdomen, on voit, dès que la plaie est fermée, d'abondantes évacuations alvines souvent renouvelées ; du moins, c'est ce que j'ai eu l'occasion d'observer maintes fois sur le cheval.

La volonté n'a pas d'influence notable sur les organes dont les mouvements dépendent des nerfs ganglionnaires, lors même que ces organes reçoivent aussi des nerfs crâniens ou spinaux ; cela est certain pour l'œsophage, l'estomac et le cœur. Elle paraît cependant en avoir une très faible sur le rectum et la vessie. L'obstacle à l'intervention de la volonté dans ces mouvements tient-il aux ganglions, ainsi qu'on l'a supposé, et ainsi qu'on le croit généralement ? Une telle hypothèse serait

admissible si ces organes isolaient l'influence motrice, mais comme ils la laissent passer, on ne voit pas pourquoi ils arrêteraient celle de la volonté. On sait, en effet, que les impressions un peu vives, l'émotion, la frayeur, réagissent presque instantanément sur les mouvements du cœur, de l'intestin, de l'utérus. Dans ce cas, évidemment, les influences motrices émanées des centres nerveux passent à travers les ganglions du sympathique.

Où est le point de départ de l'action motrice du grand sympathique ? Est-il dans l'encéphale ? Mais l'encéphale peut être enlevé sans que les mouvements du cœur et de l'intestin soient suspendus. Est-il dans la moelle épinière ? Mais la moelle peut aussi être détruite sans que les mouvements cessent. Il ne s'ensuit pas, cependant, que le cerveau et la moelle épinière n'aient aucune action sur l'activité motrice du grand sympathique, puisque l'irritation du cerveau la modifie, et que la destruction de la moelle l'affaiblit et la rend languissante dans le cœur et les intestins. Cette activité est-elle dans les ganglions? Pas davantage : le cœur séparé bat encore pendant plusieurs instants, ses mouvements continuent même quand on a enlevé les oreillettes avec les plexus qui les entourent, ainsi que l'ont vu Müller et M. Longet. Est-elle, enfin, dans les filets au dehors des organes? Non encore, puisque les contractions péristaltiques de l'intestin continuent quand on a séparé ce viscère de son mésentère. Elle paraît donc être dans les seuls filets qui entrent dans la trame de l'organe ou qui font partie de sa substance. Mais il serait ridicule de ne la voir que là. La source de l'activité du sympathique est dans son ensemble, dans ses filets, dans ses ganglions et leur communication générale avec le système cérébro-spinal : chaque partie y contribue pour une part qu'il est bien difficile de déterminer.

Une interprétation rigoureuse des faits démontre qu'une grande partie de l'activité motrice du sympathique vient de ce nerf lui-même, puisque quand il est isolé autant que possible par la destruction de la moelle, la section des nerfs vagues, des filets cervicaux, de manière à ne plus pouvoir être influencé sensiblement par le système cérébro-spinal, il continue à entretenir les mouvements des organes qu'il anime, et cela pendant longtemps, comme le prouve la persistance des battements du cœur, des contractions péristaltiques de l'intestin à la suite de ces graves mutilations. On peut donc le regarder comme ayant en lui tout ce qui est nécessaire au développement et à l'entretien de son activité motrice et sensitive, du moins pendant un certain temps, passé lequel celle-ci s'éteint faute d'être ravivée par celle du système de la vie animale. Mais quant à savoir comment cette activité se développe, comment elle se distribue, c'est chose fort peu accessible aux investigations expérimentales. Il a été impossible jusqu'ici de préciser le rôle que jouent à cet égard les ganglions, les uns ayant cru pouvoir leur refuser toute espèce d'action propre, et les autres les ayant au contraire investis de la faculté de produire des incitations motrices, ou de développer le principe des mouvements involontaires en vertu d'une action réflective analogue à celle de la moelle épinière.

L'hypothèse d'après laquelle on considère les ganglions comme jouissant d'un pouvoir réflectif est contredite par plusieurs expériences. Müller la repousse en s'appuyant sur l'expérience que voici faite par Volkmann : le pincement de l'intestin d'une grenouille décapitée provoque des contractions très étendues tant que la moelle est intacte; il n'en détermine plus que de très circonscrites

dès qu'elle est détruite ; d'où cette conclusion naturelle, que si les ganglions jouissaient d'un pouvoir analogue à celui des cordons médullaire , il y aurait dans le second cas, de même que dans le premier, des mouvements étendus à toutes les parties de l'intestin. Mais, d'un autre côté, le même physiologiste est embarrassé en présence de ce fait fort remarquable d'une irritation toute locale opérée sur le cœur avec la pointe d'une aiguille, irritation déterminant une contraction générale de cet organe. Il faut avouer que les preuves manquent pour admettre ou pour repousser ce pouvoir réflexe attribué aux ganglions du grand sympathique.

Influence sur les différentes fonctions. — Indépendamment de l'action générale que nous venons d'examiner très sommairement, le grand sympathique a encore sur la circulation, la nutrition, les sécrétions, les fonctions des poumons, du cœur, de l'estomac, de l'intestin, etc., une influence dont il sera traité par la suite. Cette dernière est surtout remarquable en ce qui se rapporte à la circulation capillaire et à la chaleur animale. M. Cl. Bernard a constaté tout récemment qu'après la section du filet cervical, il se manifeste à la tête, du côté de la section, une augmentation très sensible de température, accompagnée de sueurs abondantes. Ayant coupé ce filet vers le milieu du cou sur plusieurs chevaux, j'ai vu au bout de 5, 10, 15 minutes, l'oreille du côté de la section devenir de plus en plus chaude, et toute la moitié correspondante de la face, ainsi que la partie supérieure de l'encolure, se couvrir d'une sueur abondante, qui était limitée exactement sur la ligne médiane. La différence de température se faisait remarquer non seulement à l'oreille, mais encore sur toutes les autres parties de la tête ; elle persistait ainsi que les sueurs pendant 12, 24, 36 heures et même davantage. Chez le bélier il se manifeste également une augmentation de température à la face du côté de la section, mais elle n'est point accompagnée de sueurs sensibles. L'ablation du ganglion cervical supérieur donne lieu à des effets encore plus marqués et plus persistants. Elle amène très promptement une élévation de la température du côté où elle est effectuée, une forte injection de la pituitaire, et des sueurs qui cessent à peine au bout de deux jours, bien que le cheval soit maintenu dans un milieu très froid. Ces faits prouvent sans réplique que le sympathique a une notable influence sur la circulation et la production de la chaleur animale; mais cette action ne lui est pas exclusive, d'autres nerfs la possèdent à un degré presque aussi élevé. Ainsi toutes les fois que je fis la section du nerf vague en laissant intact le filet du sympathique et en prenant toutes les précautions nécessaires pour que celui-ci ne fût ni touché ni comprimé, il survint, à partir du point où le nerf était coupé, sur la moitié de l'encolure et de la tête, des sueurs accompagnées d'une augmentation très sensible de la chaleur de la peau. Ce résultat est d'autant plus remarquable qu'il est produit par deux nerfs dont l'un procède de la tête vers le tronc, tandis que l'autre procède, au contraire, du tronc vers la tête, nerfs dont le mode de distribution et les fonctions sont d'ailleurs si dissemblables.

CHAPITRE VI.

FACULTÉS INSTINCTIVES ET INTELLECTUELLES.

Le rôle du système nerveux ne comprend pas seulement les actions que nous venons d'examiner d'une manière générale, il embrasse encore des opérations d'un ordre très élevé, desquelles résultent l'instinct et l'intelligence. Il faut donc passer en revue les facultés instinctives et intellectuelles dans leur ensemble, les instincts de conservation et de reproduction, les diverses manifestations de l'intelligence, les moyens de les apprécier, et l'influence que la domesticité a pu exercer sur ces facultés.

I. DE L'INSTINCT ET DE L'INTELLIGENCE EN GÉNÉRAL.

Les animaux ne sont pas, comme certains philosophes et quelques naturalistes ont cherché à le prouver, des espèces d'automates obéissant à d'aveugles impulsions et dépourvus de toute espèce d'intelligence ; ce sont des êtres possédant des instincts toujours sûrs et généralement plus parfaits que ceux de l'espèce humaine, une intelligence, obtuse à la vérité, mais qui se perfectionne dans les degrés supérieurs de l'échelle, des êtres susceptibles, enfin, d'un certain discernement dans leurs actions et capables d'éprouver plusieurs sentiments, plusieurs passions plus ou moins analogues aux sentiments et aux passions que nous éprouvons nous-mêmes.

Pour leur reconnaître ces facultés, il n'est nullement nécessaire de rechercher, préalablement, s'ils ont ou s'ils n'ont pas une âme matérielle et mortelle comme le pensaient les anciens (1), ou immatérielle et impérissable, ainsi que l'admettaient les sectateurs de Pythagore. Sans compter que cette recherche serait futile, car il est plus que probable qu'ils n'ont ni l'une ni l'autre, elle ne pourrait conduire à aucun résultat certain. On peut très bien, abstraction faite de l'âme, comprendre que les animaux aient des instincts plus ou moins parfaits, et une certaine intelligence; qu'ils aient la conscience de leur existence, la faculté d'associer des idées simples, de raisonner quelques unes de leurs actions, qu'ils soient capables d'affec-

(1) Lucrèce pense que l'âme naît, se développe, dépérit et meurt avec le corps. C'est d'elle qu'il fait dépendre les sentiments, les diverses facultés et le caractère de chaque animal : la férocité du lion, la ruse du renard, la timidité du cerf. Il remarque que si elle passait d'une espèce dans une autre « les animaux feraient un échange continuel de mœurs et de goûts : le chien d'Hyrcanie fuirait à l'aspect du cerf devenu menaçant; le vautour à l'aspect de la colombe tremblerait dans les airs; l'homme se dépouillerait de la raison et la brute féroce usurperait son empire. »

Il la regarde comme intimement liée au corps et susceptible d'être blessée et divisée avec lui. « Tranche, dit-il, le corps tortueux de cet énorme serpent qui fait vibrer son dard empoisonné, vois chaque part divisée se tordre et se replier en distillant sur la terre souillée son venin noir et sanglant, tandis qu'irritée de ses blessures sa tête ouvre une gueule écumante, et ronge de ses propres dents ses hideux lambeaux. Chaque tronçon possédait-il une âme entière et intelligente? Non , une âme unique habitait le corps : asservis au même sort, tous deux vulnérables et divisibles, subissent le trépas. » (*De rerum natura*, liv. III, p. 178, trad. de Pongerville.)

tion, de haine, etc.; on peut, de même, parfaitement étudier ces facultés, les analyser une à une, chercher la relation qui paraît exister entre elles sans s'inquiéter de savoir si elles dépendent d'un principe immatériel dont il est impossible de démontrer l'existence.

La plupart des naturalistes et des observateurs judicieux qui ont étudié avec soin les mœurs et les habitudes des animaux ont été frappés de l'analogie qui existe entre leurs actions et les nôtres ; ils ont admiré l'art avec lequel chaque espèce sait pourvoir à sa conservation, résister aux attaques de ses ennemis, protéger et élever ses petits, se réunir en troupes, se construire des habitations, et quelquefois faire preuve d'une industrie merveilleuse. Les uns ont regardé tous ces actes comme le résultat d'un mécanisme mis en jeu par des influences étrangères à l'organisation ; les autres, comme le produit d'une force irréfléchie, d'une impulsion innée, secrète, irrésistible, qu'on est généralement convenu d'appeler *instinct;* quelques uns, séduits par la liaison de tous ces actes, leur appropriation parfaite au but qu'ils doivent remplir, leur analogie apparente avec les nôtres, les ont considérés comme des actes réfléchis, combinés, et les ont rapportés à cette faculté si éminemment développée dans notre espèce, et qui porte le nom d'*intelligence;* enfin, certains d'entre eux, analysant plus rigoureusement ces actions, ont cru pouvoir les rattacher tantôt à l'instinct, tantôt à une intelligence plus ou moins étendue : ainsi ils ont accordé à la fois aux brutes ces deux facultés, mais dans des rapports et à des degrés variables : chez les êtres les plus inférieurs seulement, tout serait instinctif, tandis que chez ceux dont l'organisation se rapproche de celle de l'homme, l'intelligence viendrait se surajouter à l'instinct et donner naissance à de nouvelles manifestations. Il y a donc dissidence, quant au point de départ ou au principe des diverses facultés des animaux. Cherchons à reconnaître ce principe ou ce point de départ, afin de pouvoir analyser complétement les nombreuses opérations qui en dérivent.

Le système qu'il convient d'examiner tout d'abord, est celui de l'*automatisme*. D'après Descartes (1) qui en est l'auteur, les animaux sont des êtres dépourvus d'instinct, d'intelligence, de mémoire, des êtres incapables d'associer les idées les plus simples, de former le moindre jugement; ce sont de véritables machines, organisées de telle manière que les impressions diverses, les sons, les saveurs, les odeurs, la lumière, suffisent pour les mettre en mouvement. Toutes leurs actions ne sont que la conséquence d'une harmonie préétablie entre leurs mouvements et les impressions que les agents extérieurs produisent sur les sens. Ainsi le morceau de chair que le chien aperçoit envoie dans l'œil de cet animal une image qui met en mouvement les esprits animaux et entraîne irrésistiblement le carnassier vers sa proie ; la lumière réfléchie par le corps d'un loup dans l'œil de la brebis remue tellement les filets du nerf optique, que les esprits animaux se répandent partout, de manière à obliger le ruminant timide à prendre la fuite ; les molécules odorantes que le lièvre a laissées sur son passage attirent le chien et le font courir dans une direction déterminée. Tous ces effets sont le résultat d'une impulsion irrésistible à laquelle la volonté et l'intelligence sont complétement étrangères.

(1) Œuvres de Descartes, *Discours sur la méthode*, 5e partie, p. 38, et *Objections contre les méditations de cet auteur*, p. 222, 243, 275, 276, 356, 400. Paris, 1851.

Les idées de Descartes sur le principe des actions des animaux étaient trop obscures, trop dénuées de preuves et trop en désaccord avec ce qu'apprend une étude raisonnée des facultés dont jouissent ces êtres, pour être admises sans contestation ; aussi furent-elles vivement combattues et repoussées par la plupart des bons esprits même au temps où elles furent émises ; cependant, plus tard, divers auteurs les acceptèrent avec quelques restrictions.

Buffon, sans défendre l'automatisme absolu de Descartes, prétend que les actions des animaux doivent être rapportées, en grande partie, à des impulsions purement mécaniques n'ayant aucun rapport avec les facultés de l'intelligence. Ses opinions, à cet égard, ont joui d'une trop grande célébrité pour que nous les passions sous silence.

Buffon (1) pense que les impressions produites sur les sens suffisent pour déterminer les diverses actions que les bêtes exécutent. Ces impressions, suivant leur caractère, leur association, donnent lieu, chez eux, aux actes qui sont pour l'homme le résultat de la volonté, de la réflexion et de l'intelligence; mais comme il prévoit qu'on va lui adresser le reproche de comparer les animaux à de simples machines, il s'empresse d'indiquer les facultés dont il les croit doués. « Ils ont, dit-il, le sentiment; ils l'ont même à un plus haut degré que nous ne l'avons; ils ont aussi la conscience de leur existence actuelle. Ils ont des sensations, mais il leur manque la faculté de les comparer, c'est-à-dire la puissance qui produit les idées. » S'il leur reconnaît la faculté de sentir comme nous et même plus fortement que nous, s'il les croit capables de se souvenir du passé, c'est tout ce qu'il leur concède. Il leur dénie le jugement, la réflexion, les idées ; bientôt il leur contestera d'autres facultés moins complexes que celles-là. Mais si, en thèse générale, il s'efforce de leur retirer une à une les facultés qu'ils paraissent posséder, le grand naturaliste, en arrivant à les peindre individuellement, les présente sous leurs couleurs naturelles souvent embellies, et, malgré lui, ou sans s'en douter, il rend à chacun ce qu'il voulait refuser à tous.

« La puissance de réfléchir ayant été refusée aux animaux, il est donc certain qu'ils ne peuvent former d'idées, et que, par conséquent, leur conscience d'existence est moins sûre et moins étendue que la nôtre ; car ils ne peuvent avoir aucune idée du temps, aucune connaissance du passé, aucune notion de l'avenir; leur conscience d'existence est simple, elle dépend uniquement des sensations qui les affectent actuellement et consiste dans le sentiment intérieur que ces sensations produisent. » Ils sont en quelque sorte, d'après sa comparaison, semblables à l'homme *hors de lui-même*, vivement préoccupé d'un objet, absorbé par une passion violente. « Cet état où nous ne nous trouvons que par instants est l'état habituel des animaux ; privés d'idées et pourvus de sensations, ils ne savent point qu'ils existent, mais ils le sentent. »

Ainsi il leur refuse toute idée, toute connaissance du passé, contrairement à ce qu'il avait d'abord avancé ; et, par la plus subtile distinction, il leur ôte la *connaissance* de leur existence pour leur en laisser seulement la *sensation*. Cette négation du souvenir des choses passées sent le paradoxe ; Buffon s'en aperçoit bien, aussi y revient-il à tout instant.

(1) *Discours sur la nature des animaux*. Œuvres de Buffon, t. IV, p. 11, édit. in-4° de l'imprimerie royale.

« Les animaux n'ont pas la mémoire ! Le contraire paraît démontré, me dira-t-on : ne reconnaissent-ils pas, après une absence, les personnes auprès desquelles ils ont vécu, les lieux qu'ils ont habités, les chemins qu'ils ont parcourus? Ne se souviennent-ils pas des châtiments qu'ils ont essuyés, des caresses qu'on leur a faites, des leçons qu'on leur a données? Tout semble prouver qu'en leur ôtant l'entendement et l'esprit, on ne peut leur refuser la mémoire et une mémoire active, étendue, et peut-être plus fidèle que la nôtre. Cependant, quelque grandes que soient ces apparences, et quelque fort que soit le préjugé qu'elles ont fait naître, je crois qu'on peut démontrer qu'elles nous trompent ; que les animaux n'ont aucune connaissance du passé, aucune idée du temps, et que par conséquent *ils n'ont pas la mémoire.* » Pour soutenir cette étrange proposition, il prétend que ce qu'on appelle la mémoire provient de la faculté de réfléchir et consiste dans une succession d'idées que l'âme lie ensemble, et dont elle établit les rapports. Dès l'instant qu'elle ne résulte pas d'un simple renouvellement des sensations passées, et que la puissance de réfléchir, d'associer des idées manque aux animaux, ceux-ci ne peuvent avoir, selon Buffon, une véritable mémoire. Néanmoins il voit que tous ses efforts ne peuvent réussir à convaincre; il sent que ses assertions ne sont pas suffisamment prouvées ; pour en finir, il distingue deux sortes de mémoires, très différentes l'une de l'autre : l'une, qui est la trace des idées et qui émane de l'âme ; l'autre, qui pourrait s'appeler réminiscence, et qui n'est que le renouvellement des sensations déjà éprouvées. La première est le privilége de l'homme ; la seconde appartient au fou, à l'imbécile et aux bêtes.

Après avoir examiné les facultés des animaux pris individuellement, il étudie ces facultés dans les rapports ou les relations qu'elles ont les unes avec les autres. Poursuivant sa théorie avec un admirable talent, il cherche à prouver que le rassemblement des animaux en troupes ou en sociétés plus ou moins nombreuses, que leurs industries diverses, leurs travaux les plus compliqués, ne supposent aucune intelligence; et, pour le prouver, il prend l'exemple des abeilles qui n'ont, en réalité, comme nous le verrons plus tard, aucune intelligence, mais qui possèdent, en compensation, des instincts très parfaits. Puis, il passe à d'autres espèces pour arriver aux mêmes conclusions : chemin faisant, il devine bien les objections qu'on peut lui faire; elles ne l'effraient point; loin de les éviter, il va au-devant et les réfute par des arguments bien singuliers, qui cependant ont l'apparence d'une certaine valeur.

Si, dit-il, les animaux n'ont ni intelligence, ni mémoire, ni prévoyance, pourquoi beaucoup d'entre eux font-ils des provisions pour l'hiver, comme le mulot et la fourmi? Pourquoi plusieurs se construisent-ils des habitations? Dans quel but l'abeille va-t-elle recueillir le nectar des fleurs pour en composer un miel qu'elle accumule avec soin dans son gâteau? Pour quel motif l'oiseau se fait-il un nid? Pourquoi, enfin, tant d'autres actes qui semblent annoncer le discernement chez les bêtes? Ce n'est pas parce qu'ils sont intelligents, c'est parce qu'ils sont stupides, dit Buffon; ce n'est pas parce qu'ils se souviennent du passé et qu'ils prévoient l'avenir, c'est précisément pour les raisons contraires. « Non seulement ces animaux ne savent pas ce qui doit arriver, mais ils ignorent même ce qui est arrivé. Une poule ne distingue pas ses œufs de ceux d'un autre oiseau ; elle ne voit point

que les petits canards qu'elle vient de faire éclore ne lui appartiennent point ; elle couve des œufs de craie dont il ne doit rien résulter, avec autant d'attention que ses propres œufs ; elle ne connaît donc ni le passé, ni l'avenir, et se trompe encore sur le présent ... Les nids des oiseaux, les cellules des mouches, les provisions des abeilles, des fourmis et des mulots, ne supposent donc aucune intelligence dans l'animal, et n'émanent pas de quelques lois particulièrement établies pour chaque espèce, *mais dépendent, comme toutes les autres opérations des animaux, du nombre, de la figure, du mouvement, de l'organisation et du sentiment, qui sont les lois de la nature, générales et communes à tous les êtres animés.* »

Ces actes qui excitent tant d'admiration ne dépendent pas pour la plupart, surtout ceux qui s'observent chez les animaux inférieurs, de l'intelligence, mais ils sont les produits d'une autre faculté essentiellement différente, non réfléchie, non raisonnée, d'une faculté innée, d'une force irrésistible, toujours la même dans une même espèce, et connue sous le nom d'*instinct*. Non, ces actes n'indiquent pas l'intelligence : Buffon avait raison de le dire, mais pourquoi ne les rapporte-t-il pas à leur véritable source ? C'est qu'il ne connaît pas l'instinct. Parfois, cependant, il le désigne vaguement, il le devine, en disant que les animaux agissent par une espèce de mécanisme, par une *obéissance aveugle à certaines lois de la nature :* mais on voit qu'il ne s'en fait qu'une idée confuse et très fausse en ajoutant que les facultés des êtres supérieurs ne sont que *les résultats de l'exercice et de l'expérience du sentiment*, puisqu'il est parfaitement établi aujourd'hui que l'instinct est indépendant de l'imitation, de l'habitude ou de l'éducation. Du reste, ses conclusions prouvent suffisamment qu'il n'a pas compris cette faculté fondamentale de la psychologie des brutes.

Mais puisque les animaux sont des êtres sans intelligence, sans idées, des êtres incapables de juger, de réfléchir ; des êtres sans mémoire et sans aucune espèce de connaissance, qu'ont-ils donc de commun avec l'homme ? Ici Buffon est plus juste ; il prétend qu'ils sont comme nous sujets à la peur, qu'ils sont comme nous susceptibles de haine, d'amour, de courage, passions qui, selon lui « ne supposent aucune connaissance, aucune idée, et ne sont fondées que sur l'expérience du sentiment, c'est-à-dire sur la répétition des actes de douleur ou de plaisir, et le renouvellement des sensations intérieures du même genre. » Ils ont aussi leur « espèce d'amitié, leur espèce d'orgueil, leur espèce d'ambition. » Ces passions ne sont, comme on le voit, que plus ou moins analogues à celles de l'homme ; elles ne sont qu'une faible image des passions correspondantes de ce dernier. Le naturaliste est conséquent avec lui-même. Il avait refusé la mémoire aux animaux pour leur donner une autre mémoire qui est la réminiscence ; ici il leur conteste l'amitié, mais il leur donne l'attachement ; il leur reprend l'orgueil et l'ambition émanant de l'intelligence, et il leur abandonne l'orgueil et l'ambition qui tiennent au courage naturel.

Ainsi, en résumé, Buffon retire aux animaux le peu d'intelligence qu'ils semblent avoir, avec les facultés qui en découlent ; il méconnaît le point de départ du plus grand nombre de leurs actes, c'est-à-dire l'instinct ; donne de ceux-ci une interprétation fausse, en les faisant dépendre vaguement des impressions diverses ou des ébranlements produits sur les organes des sens : sa manière de voir est donc

irrationnelle, inacceptable, et ne permet point d'analyser avec rigueur les actions si admirables et si variées qu'exécutent les animaux.

D'après un second système, fort ancien, que j'appellerai le *système de la gradation des facultés*, les animaux sont considérés comme des êtres intelligents, et leurs actes comme le résultat de combinaisons volontaires, réfléchies et raisonnées; toutes leurs opérations supposeraient de la mémoire, du jugement, de la comparaison, portés à un degré plus ou moins rapproché des facultés intellectuelles de l'espèce humaine.

Aristote (1) reconnaît aux animaux une intelligence plus ou moins étendue suivant les espèces, et qui se perfectionne graduellement à mesure qu'on l'envisage chez celles qui se rapprochent le plus de l'homme; il leur accorde enfin des facultés analogues à celles qui caractérisent l'intelligence humaine. Gassendi (2) concède également aux bêtes de la réflexion, du raisonnement; Leibnitz pense qu'elles associent des idées simples, et qu'elles raisonnent dans de certaines limites; Réaumur (3), partant de ses belles observations sur les mœurs des abeilles, exalte l'intelligence de ces animaux, et ne paraît pas se douter que l'art merveilleux avec lequel elles construisent leur demeure, amassent des provisions, vivent en société, est tout simplement le résultat d'une impulsion qui n'a rien de réfléchi, rien de raisonné; Condillac et d'autres partagent la même opinion.

Un observateur plein de tact, G. Leroy (4), après avoir bien étudié les animaux, rapporte toutes, ou presque toutes leurs actions aux fonctions intellectuelles; il reconnaît aux bêtes le sentiment, la mémoire; il leur donne la faculté d'associer leurs idées, de les comparer, d'en tirer des inductions; en un mot, il les croit douées de jugement, de réflexion, de prévoyance, et pense que leur intelligence, perfectible dans de certaines limites, se développe par l'exemple, l'imitation, l'habitude et l'expérience particulière que chacune peut acquérir.

Ainsi, d'après lui, les jeunes loups qui commencent à courir avec leur mère acquièrent chaque jour de nouvelles connaissances; ils apprennent dans quels lieux se trouve le gibier, s'habituent à distinguer leurs diverses impressions, « à rectifier par l'odorat les jugements que leur font porter les autres sens. » Plus tard, exposés aux poursuites et aux piéges de l'homme, ils en reconnaissent tous les dangers; ils évitent avec soin tout ce qui a l'apparence d'une embûche et deviennent méfiants à l'excès; « leur marche, naturellement libre et hardie, finit par être précautionnée et timide. » Le loup expérimenté, montre dans la recherche de sa proie beaucoup de prudence, un choix habile de combinaisons, une sorte d'appréciation des périls auxquels il s'expose. S'il veut attaquer un troupeau, « il mesure la hauteur du parc, la compare avec ses forces, juge de la difficulté de le franchir, lorsqu'il sera chargé d'une victime, et il en conclut l'inutilité ou le danger de la tentative. » Au temps du rut, il s'associe à une femelle de son espèce pour mieux assurer le succès de ses rapines, et dans ce cas encore, ses démarches révèlent son

(1) *Histoire des animaux*, trad. Camus, liv. VIII, p. 451 et suiv.

(2) *Œuvres de Descartes*, p. 276.

(3) *De l'instinct et de l'intelligence*, etc., par M. Flourens.

(4) *Lettres philosophiques sur l'intelligence et la perfectibilité des animaux*, par Charles-Georges Leroy. Paris, 1802.

inquiétude, ses craintes, ses espérances, et supposent une connaissance raisonnée des moyens à mettre en usage pour arriver à ses fins.

Le renard se conduit également d'après une certaine réflexion : il se creuse un terrier ou en choisit un abandonné; il le parcourt dans tous les sens, en reconnaît les détours et les issues, fait des excursions dans le voisinage, prend connaissance des habitations où il trouvera des lapins, de la volaille; il met une circonspection infinie dans la recherche de sa proie, ne s'approche qu'avec défiance de tout ce qui lui paraît nouveau; son genre de vie exige même des réflexions plus compliquées et des vues plus étendues que celles du loup ; enfin, il s'instruit en raison des dangers qui menacent son existence : il reste ignorant, grossier dans les endroits où il jouit d'une tranquillité parfaite, tandis qu'il devient pénétrant, habile, rusé, dans les lieux où on lui fait la guerre.

Le chien, plus encore que les carnassiers de nos forêts, montre une intelligence développée et perfectible. Chaque race acquiert en quelque sorte une somme de facultés proportionnée aux exigences de son rôle. Le chien de basse-cour reste stupide, n'ayant d'autre exercice que celui d'aboyer les passants. Le chien de berger, chargé d'une mission plus difficile, a besoin, dit Leroy, de beaucoup plus d'esprit et de discernement; il faut qu'il comprenne son maître, qu'il le devine même, qu'il dirige le troupeau, veille à ce qu'aucune brebis ne s'égare, ramène celle-ci quand elle s'éloigne, sévisse contre elle si elle se montre réfractaire à ses avertissements. Le chien de chasse, pour exécuter les mouvements que l'homme en exige, doit avoir aussi un sens exquis et un discernement très étendu ; il est même nécessaire que son intelligence propre lui suffise quand le chasseur ne peut plus le guider dans la poursuite du gibier; elle lui suffit, en effet, quand il a acquis une certaine expérience : alors il ne se montre pas toujours aussi docile à la voix de ceux qui le conduisent; confiant dans la sûreté de son odorat, il veut se diriger d'après ses impressions ; ses évolutions deviennent plus précises, et son hésitation première fait place à de promptes déterminations. Le chien ainsi exercé parvient à distinguer par l'odorat la trace du cerf que l'on poursuit de celle de tous les autres.

Les animaux herbivores, auxquels il faut peu d'industrie, de soins et de précautions pour se procurer de la nourriture, ont naturellement moins d'idées et d'intelligence que les carnivores. Leurs besoins, par cela même qu'ils sont très restreints, exigent peu de combinaisons pour être satisfaits : ils ne nécessitent donc pas, chez ces êtres, un très grand développement des facultés intellectuelles.

Le cerf, par exemple, qui trouve de l'herbe partout, qui n'a pas de ruses à employer, ni de combats à livrer pour se rendre maître de sa nourriture, le cerf à qui il suffit de choisir les lieux où s'offrent une pâture abondante et une retraite plus ou moins inaccessible, peut se passer d'une série de combinaisons qui étaient indispensables au loup et au renard pour des raisons contraires. Cependant ses actions exigent encore une certaine intelligence : il choisit pour se retirer un épais fourré, et pour paître des clairières où l'herbe est de bonne qualité : son choix suppose donc de la réflexion. S'il a été inquiété dans sa retraite, il l'abandonne ou s'y cache avec soin ; « et il met à s'y cacher un art qui ne peut être que le fruit de vues fines et de réflexions compliquées. » Parfois, avant d'aller prendre son repos dans le lieu qu'il s'est choisi, il ouvre des voies en divers sens pour tromper ses ennemis.

« Cette prévoyance, dit G. Leroy, annonce des faits déjà connus et une suite d'idées et de présomptions qui sont la conséquence de ces faits ; car il faut nécessairement qu'une telle démarche soit le produit des raisonnements qui suivent : Un chien conduit par un homme m'a plusieurs fois forcé de fuir et m'a suivi longtemps à la trace, donc ma trace lui a été connue ; ce qui est arrivé plusieurs fois peut encore arriver aujourd'hui, donc il faut que je me précautionne contre ce qui est déjà arrivé. Sans savoir comment on fait pour connaître ma trace et la suivre, je présume qu'au moyen d'une fausse marche je pourrai dévoyer mes poursuiveurs ; donc il faut que j'aille et revienne sur mes voies pour leur en dérober la connaissance et assurer ma tranquillité ! »

Le lièvre lui-même, en apparence si stupide et dépourvu de tout autre moyen de défense que la fuite, sait fuir avec art ; il proportionne la vitesse de sa course à celle des chiens; il évite les bois, parce qu'il a appris, dit-on, par expérience, que son passage y laisse des traces ; il suit les chemins, les lieux découverts. Après avoir couru longtemps dans une direction, il revient sur ses voies pour dérouter les chiens, puis il se jette de côté, et quelquefois va faire partir du gîte un autre lièvre, pour prendre sa place.

Ainsi, d'après Leroy, dont je résume les idées, « les actions les plus ordinaires des bêtes, leurs démarches de tous les jours, supposent la mémoire, la réflexion sur ce qui s'est passé, la comparaison entre un objet présent qui les attire et des périls indiqués qui les éloignent, la distinction entre les circonstances qui se ressemblent, à quelques égards, et qui diffèrent à d'autres, le jugement et les actions entre tous ces rapports (1). » Tout dans la conduite de ces êtres décèle une intelligence plus ou moins étendue et plus ou moins perfectible, qui se développe par l'éducation et l'expérience acquise. Il n'y aurait donc, entre le mobile de leurs actes et le mobile des nôtres, qu'une différence de degré. Ce mobile ou ce principe serait le même pour l'homme et les animaux.

Si l'on ne réfléchissait pas avec soin à l'interprétation que Leroy donne des actions des animaux, elle paraîtrait à l'abri de toute objection, tant elle est séduisante. Mais quand on l'examine de près, on s'aperçoit bientôt qu'une infinité d'opérations qui sont rapportées à l'intelligence dépendent de l'instinct et ne supposent aucune combinaison d'idées, aucune réflexion, aucun choix de la part des individus qui les exécutent. Les divers moyens qu'emploient les animaux pour résister à leurs ennemis, se soustraire à leurs attaques, assurer leur subsistance, ne sont pas, constamment et entièrement le résultat de combinaisons réfléchies et raisonnées ; ils sont, dans la plupart des circonstances, le produit d'une impulsion irrésistible et sûre qui n'a rien de commun avec l'intelligence. Les ruses du loup et du renard, leurs manœuvres adroites, leur habileté à se rendre maîtres d'une proie, à éviter les piéges qu'on leur tend, dérivent en grande partie, du moins, des facultés instinctives qu'ils apportent en naissant, et qui sont inhérentes à leur nature ; l'art admirable que le chien met à chasser, le cerf à dissimuler sa retraite, le lièvre à calculer sa fuite, est purement instinctif ; mais il peut être modifié et compliqué par le jugement, la mémoire, la prévoyance. Le lapin, en se construisant un terrier,

(1) Ouvrage cité, p. 144.

n'est pas guidé par le souvenir du froid qu'il a souffert, des frayeurs qu'il a eues, des dangers auxquels il a été exposé ; il se creuse des galeries, bien qu'il n'ait pas encore vu d'hiver, bien qu'il n'ait point encore été poursuivi, et qu'il ignore l'utilité de son travail ! Une force innée le pousse à creuser le sol, et il le creuse même dans une cabane où il jouit de la plus complète sécurité. Les frugivores qui font des provisions n'agissent pas conséquemment à la faim qu'ils ont déjà éprouvée et par suite de réflexions sur les inconvénients de l'abstinence. Ce n'est point par prévoyance et en vue des nécessités à venir qu'ils remplissent leurs retraites de vivres ; ils sont déterminés à ces actes sans qu'ils aient besoin d'aucune réflexion : le rat qui est né auprès d'un tas de blé, et qui a toujours vécu dans l'abondance, attire cependant vers son trou tout ce qu'il peut y amener ; et pourtant il n'a point encore souffert de la faim, il n'a jamais manqué de subsistance, il n'a pas vu d'hiver. Comment pourrait-il agir d'après le souvenir du passé et la prévision de l'avenir ?

Il y a donc un élément essentiel méconnu dans le système de la gradation des facultés, un mobile étranger aux combinaisons intellectuelles, quoique susceptible de s'associer avec elles : c'est cet élément, ce mobile particulier que Leroy, observateur si profond et si fin, n'avait pas su distinguer de l'intelligence et apprécier à sa juste valeur ; il importe d'en déterminer les caractères et les effets pour analyser exactement la psychologie animale.

Le troisième système qui reste, celui de la *dualité des facultés*, permet seul de bien comprendre les actions si nombreuses et si variées des animaux. En effet, il est indispensable, pour expliquer ces dernières, d'établir une distinction entre les phénomènes qui dépendent de l'instinct et ceux qui dérivent de l'intelligence, d'assigner avec précision les caractères qui appartiennent en propre à chacune de ces deux espèces d'actes : la tâche est difficile, mais elle est accomplie, en grande partie du moins, par les travaux de Reimarus et de Frédéric Cuvier.

Pour peu qu'on examine attentivement les actions des animaux, on remarque que certaines d'entre elles se font toujours de la même manière, avec sûreté et précision, sans que l'animal qui les exécute ait eu le temps de réfléchir, avant qu'il ait rien appris de ses parents, rien acquis par l'habitude, l'exercice ou l'expérience individuelle ; tandis que d'autres, au contraire, sont variées suivant les circonstances, accomplies avec hésitation, perfectionnées par l'habitude et appropriées aux besoins accidentels éprouvés par l'animal. Les premières sont purement instinctives ; les secondes résultent de l'exercice des facultés intellectuelles : l'instinct, qui est le point de départ des unes, est essentiellement différent de l'intelligence qui produit les autres.

L'instinct, que Buffon n'avait pas compris, et que tant d'auteurs avaient considéré comme un mot vide de sens, est une faculté innée, commune à tous les animaux, même les plus imparfaits, faculté invariable dans chaque espèce, irrésistible, non raisonnée, à laquelle l'animal obéit involontairement, sans pouvoir s'y soustraire. En cédant à cette impulsion secrète, il ne sait pas pourquoi il agit de telle ou telle manière ; il ignore le but et l'utilité de ses actes. Il n'a pas assez d'intelligence pour réfléchir, pour raisonner ses actions, pour se diriger avec sûreté, imaginer les moyens qui peuvent le préserver des dangers et le soustraire aux attaques de ses ennemis ; il faut, en quelque sorte, qu'une force invincible le gouverne en le dispensant de réflexion, de jugement, de mémoire, de prévoyance : or, cette force qui le

dirige à son insu est l'instinct, dont les effets n'ont rien de commun avec ceux de l'intelligence.

Reimarus (1) considère l'instinct comme une tendance aveugle, un penchant intérieur, une force agissante qui porte les animaux à exécuter certains actes dont ils ne conçoivent ni les moyens ni l'utilité. Dès que les animaux naissent et sans qu'ils aient aucune connaissance, aucune expérience des choses, cette impulsion secrète les sollicite à agir constamment et uniformément dans telle ou telle direction ; et, à partir de ce moment, ils effectuent sans choix, sans préméditation, sans la moindre hésitation, les opérations les plus compliquées.

Les divers instincts sont tous relatifs à la conservation de l'individu ou à la reproduction de son espèce ; ils sont tous en rapport avec les besoins de l'animal et mis en harmonie avec son organisation. Il n'est pas une seule espèce qui en soit dépourvue, pas une qui en ait de trompeurs ou d'inutiles.

Ils sont uniformes et exactement déterminés dans chaque espèce. Aucun d'eux n'est perfectible, ni susceptible d'éprouver de modifications essentielles : ce qu'un animal fait, tous les autres le font et de la même manière. Ceux-ci réussissent parfaitement dès la première fois sans tâtonnement, sans hésitation.

Ces instincts sont sûrs : ils n'ont par conséquent rien à tirer, ni de l'expérience, ni de l'imitation, ni de l'exercice. Quelques uns d'entre eux ne se manifestent qu'à certaines époques de la vie et agissent périodiquement : ceux de la reproduction, par exemple ; d'autres, une seule fois dans le cours de l'existence.

Ils sont susceptibles de s'altérer chez les animaux soumis à une contrainte prolongée ; ils s'affaiblissent, se perdent même, en partie, sous l'influence de l'esclavage et de la domesticité, mais ils réapparaissent dès que les animaux reviennent à leur état naturel, et ils reprennent alors toute la sûreté qu'ils avaient auparavant. Dans tous les cas, ni l'éducation, ni l'exemple ne peuvent en faire naître de nouveaux.

Ils ont leur cause dans les besoins de chaque animal, et paraissent mis en action par le sentiment du plaisir et de la douleur, ainsi que par le souvenir des impressions déjà éprouvées. La connaissance que l'animal peut avoir de ses moyens ne semble exercer aucune influence sur les actes que ces instincts déterminent, puisque chaque individu essaie de se servir des armes qu'il n'a pas encore : le veau, le bélier, veulent donner des coups avec les cornes avant qu'elles soient poussées ; le chien cherche à mordre alors que ses dents ont à peine percé la gencive.

Les instincts sont d'autant plus développés parmi les divers animaux que ceux-ci ont moins d'intelligence : le chien, le cheval, l'éléphant, qui jouissent d'un entendement plus vaste que le lapin, les oiseaux, les insectes, ont des instincts bien moins étendus et moins admirables que ces derniers. L'homme, qui est le plus intelligent de tous les êtres, est sans contredit celui qui possède les instincts les moins parfaits. Ce rapport inverse se fait encore sentir entre les diverses races humaines : les peuplades sauvages ou barbares sont celles dont les instincts ont le plus de sûreté, tandis que les races dont la civilisation est portée à un haut degré semblent avoir presque entièrement perdu ces facultés instinctives si nécessaires à l'homme livré à lui-même. On voit, d'après

(1) *Observations physiques et morales sur l'instinct des animaux, leur industrie et leurs mœurs*, par Hermann Samuel Reimar (trad. R. de L., Amsterdam, 1770, 2 vol. in-12).

cela, que l'instinct ne dérive point de l'intelligence, et l'on conçoit très bien que les animaux, qui ne peuvent trouver dans leur entendement assez de raison pour se conduire, ont besoin, en compensation, d'être guidés par des instincts étendus et sûrs. De même, il est nécessaire que ceux auxquels une courte existence ne donne pas le temps de s'instruire puissent se gouverner d'une manière instinctive.

L'instinct dispense donc la bête d'avoir de l'intelligence, et en définitive, pour elle, le résultat est à peu près le même, puisque, en agissant instinctivement, c'est-à-dire sans savoir pourquoi ni comment, elle exécute ses actions mieux qu'elle ne pourrait le faire à force de réflexion et de calcul. Il y a de plus, pour elle, cet avantage de réussir du premier coup dans des opérations qu'elle ne parviendrait à effectuer autrement qu'à la suite de combinaisons compliquées et de tentatives infructueuses.

Ce fait est donc très remarquable ; il nous montre bien la sagesse infinie qui a présidé à l'organisation des êtres vivants. Sans l'instinct donné aux animaux, qui leur aurait appris, comme le dit Reimarus, l'art de pourvoir à leur subsistance, de se choisir une retraite, de se construire des habitations ? Qui leur aurait enseigné à faire des nids, à se fabriquer des vêtements, à changer de climats, à reconnaître leurs ennemis, à employer mille ruses diverses pour éluder leurs poursuites ? Qui, enfin, leur aurait donné toutes ces connaissances sans lesquelles ils seraient incapables d'assurer leur existence ?

En résumé, l'instinct est une faculté innée, une force irrésistible qui pousse les animaux à exécuter certains actes sans qu'ils aient besoin de raisonner, de réfléchir, force sur laquelle l'éducation, l'habitude, n'ont pas d'influence sensible. L'intelligence, au contraire, est une faculté essentiellement perfectible, variable, suivant les espèces, et modifiable par l'âge, l'éducation et une infinité de circonstances diverses. Ces deux facultés sont toujours en raison inverse l'une de l'autre : l'instinct est très développé chez les animaux inférieurs qui ont l'intelligence obtuse ou qui en sont à peu près totalement dépourvus ; il est beaucoup moins parfait chez les animaux supérieurs dont l'intelligence se rapproche de celle de l'espèce humaine.

« L'opposition la plus complète, dit M. Flourens (1), sépare l'instinct de l'intelligence. Tout, dans l'instinct, est aveugle, nécessaire et invariable ; tout, dans l'intelligence, est électif, conditionnel et modifiable : le castor qui se bâtit une cabane, l'oiseau qui se construit un nid, n'agissent que par instinct ; le chien, le cheval, qui apprennent jusqu'à la signification de plusieurs de nos mots et qui nous obéissent, font cela par intelligence. — Tout dans l'instinct est inné : le castor bâtit sans l'avoir appris ; tout y est fatal : le castor bâtit par une force constante et irrésistible. — Tout dans l'intelligence résulte de l'expérience et de l'instruction : le chien n'obéit que parce qu'il l'a appris ; tout y est libre : le chien n'obéit que parce qu'il le veut. — Enfin, tout dans l'instinct est particulier : cette industrie si admirable que le castor met à bâtir sa cabane, il ne peut l'employer qu'à bâtir sa cabane ; et tout dans l'intelligence est général, car cette même flexibilité d'attention et de conception que le chien met à obéir, il pourrait s'en servir pour faire toute autre chose. »

Cette distinction capitale une fois posée, il devient facile de bien saisir la nature

(1) Ouvrage cité, p. 46.

des diverses facultés des animaux et de se rendre compte de leurs actions les plus compliquées. On pourrait bien, il est vrai, la pousser un peu plus loin, comme Latreille et Lamarck l'ont fait, en partageant les animaux en *automatiques*, *instinctifs* et *intelligents* : la première série renfermant les rayonnés et les mollusques imparfaits, dépourvus de ganglions susceptibles de remplacer le cerveau ; la seconde, les invertébrés, ayant des renflements nerveux cérébriformes ; enfin, la troisième, les vertébrés, qui sont pourvus d'un encéphale plus ou moins parfait. Au point de vue physiologique, la distinction est trop subtile ; car si l'on se figure bien la démarcation qui peut exister entre les animaux intelligents et les animaux qui ne sont qu'instinctifs, on ne voit pas très clairement comment ces derniers peuvent se différencier de ceux qu'ils appellent automatiques et qu'ils semblent regarder comme mus par quelque chose de mécanique plus simple que les instincts.

Pour esquisser à grands traits l'histoire des phénomènes de l'instinct et de l'intelligence, j'examinerai successivement ceux qui se rapportent à la première et à la seconde de ces facultés. Je suivrai l'ancienne division des instincts en ceux de conservation et ceux de reproduction ; ces deux grandes classes renfermeront, suivant leur but, les instincts de destructivité, de sociabilité, les instincts divers qui portent les animaux à vivre isolés, à se construire des habitations, à se faire des nids, à voyager, à émigrer, etc. Cette marche sera plus naturelle que celle qui consisterait à les étudier isolément, indépendamment de leur but final ; elle fera mieux saisir la liaison qui existe, sous le rapport de la destination, entre des instincts dont la nature est fort variée, et qui, pris isolément, semblent n'avoir rien de commun les uns avec les autres.

II. DES INSTINCTS DE CONSERVATION.

Tous les animaux, depuis le zoophyte, dont la vie se distingue à peine de celle de la plante, jusqu'aux mammifères les plus rapprochés de l'homme, jouissent d'une faculté spéciale, mise en harmonie avec leur organisation, avec le milieu dans lequel ils vivent. Cette faculté préposée à la garde, à l'entretien de l'individu, porte le nom d'*instinct de conservation*. Elle est mise en éveil par le danger et trouve dans l'économie des auxiliaires prêts à la servir, pour remplir le but que la nature lui a assigné.

Cet instinct n'est pas développé au même degré chez toutes les espèces animales. En général, il est d'autant plus parfait et plus sûr que l'intelligence est plus obtuse. Tantôt il se manifeste par des besoins impérieux, des impulsions bien caractérisées, des combinaisons en apparence fort intelligentes ; d'autres fois il ne se révèle que par des manifestations équivoques, qui semblent devoir faire douter de son existence. C'est ainsi que le palmipède connu sous le nom de fou (*Pelecanus bassanus*, L.) se laisse attraper sans chercher à fuir, et assommer sans faire d'efforts pour se soustraire aux coups ; mais ce n'est là qu'une exception fort rare qui ne peut infirmer la règle générale.

Sous le nom d'instinct de conservation, je n'entends point parler d'un instinct unique, isolé, mais d'un ensemble d'instincts, différents par leur but immédiat, leur mode de manifestation, et se rapportant, en dernière analyse, au but commun

de l'entretien de l'individu. L'oie du Nord qui va nager sur le bord des eaux pour y chercher sa nourriture, et qui émigre lorsqu'un hiver trop rigoureux ne lui permet pas de trouver sa subsistance dans le pays qu'elle habite, obéit tour à tour à l'instinct qui la porte à nager ou à celui qui la pousse à l'émigration, dans les deux cas pour le seul but de se procurer de la nourriture ; l'abeille qui va recueillir le nectar des fleurs, et qui le dépose dans la ruche qu'elle a construite avec art, semble mue par des instincts différents, mais qui, en définitive, se rattachent à celui qui nous occupe.

On comprend que ces instincts doivent varier beaucoup suivant l'organisation des animaux, leur genre de vie, les lieux qu'ils habitent, les dangers auxquels ils sont exposés, le but que ces animaux doivent remplir dans le plan de la création. Ceux qui sont destinés à vivre de proie, à se repaître de carnage, ont besoin de force pour vaincre, ou de ruse pour surprendre leurs victimes ; la nature leur doit des mouvements souples, une course agile, une ouïe fine, un odorat exquis. Ceux, au contraire, qui vivent d'herbes et sont à la merci des premiers, ont besoin d'armes défensives ou de moyens particuliers pour se soustraire à la férocité de leurs ennemis ; il est nécessaire qu'ils puissent déjouer les ruses de ces derniers et se ménager des retraites qui leur donnent quelque sûreté ; il faut enfin que leurs moyens de conservation se modifient suivant qu'ils vivent solitaires ou réunis en troupes, suivant qu'ils sont à l'état sauvage ou sous l'empire de la domesticité.

Le carnassier, l'oiseau de proie, ont besoin de vivre isolés ; il leur faut un espace libre où ils puissent exercer leurs ravages et régner en souverains absolus. Leur subsistance est précaire, souvent ils sont exposés à souffrir de la faim ; aussi ne peuvent-ils supporter des rivaux qui leur disputent leur proie. Bien différent de l'herbivore dont l'alimentation assurée se trouve sans peine, sans ruse ni combat, le carnassier semble constamment inquiet de sa subsistance ; toutes ses préoccupations paraissent se rapporter à la recherche de ce qui doit apaiser sa faim ; cependant il est encore fréquemment obligé à de longues abstinences que la nature de ses aliments et la disposition de son appareil digestif lui rendent tolérables. Bien que l'isolement soit pour lui une nécessité, il est quelquefois sociable. Plusieurs de ces animaux aiment à se réunir en troupes, soit momentanément, comme le loup de nos forêts par les temps de neige, soit d'une manière permanente, comme les chiens devenus sauvages, ou les chacals qu'on voit se rassembler pour dépecer une proie morte ou déterrer un cadavre.

L'appétit de la destruction va souvent plus loin que la satisfaction d'un besoin impérieux, et rend l'animal inutilement sanguinaire : le renard qui s'est introduit dans la basse-cour ne se contente pas de se repaître jusqu'à la satiété, il veut encore égorger les victimes qu'il ne peut dévorer, comme pour se venger sur elles des privations qu'il a souffertes et des difficultés qu'il a éprouvées ; la fouine, la belette, lui ressemblent entièrement sous ce rapport. Parmi eux, il en est que la force rend belliqueux et pleins de courage, comme le tigre, le lion, l'aigle, l'épervier ; ils se plaisent à l'exercice de la chasse ; ils aiment les combats : leur proie ne leur paraît agréable qu'autant qu'elle a été courageusement conquise. D'autres, plus faibles, sont pusillanimes et lâches ; pour eux, l'adresse, la ruse, doivent suppléer à la force : le renard se creuse un terrier et ne s'attaque qu'à des ennemis dont il n'a rien à redouter. Du reste, chacun se sert des moyens qui lui ont été donnés. Le chien,

doué d'un odorat exquis, l'emploie pour la chasse ; le chat, incapable de forcer ses victimes à la course ou de pénétrer dans leurs retraites, se contente de les attendre, admirablement servi qu'il est par sa patience et la finesse de son oreille. Quelques uns d'entre eux, lâches à l'excès, sont, comme le vautour et le corbeau, réduits à se repaître de proies mortes, de débris en putréfaction. Ainsi, chez tous, les modifications de l'instinct sont mises en harmonie avec les variétés de l'organisation, les unes entraînant inévitablement les autres. C'est autant pour le vautour une nécessité d'être lâche que pour le tigre un besoin impérieux d'être sanguinaire.

S'il est généralement dans la nature des carnassiers de vivre solitaires, il est dans celle de beaucoup d'herbivores de vivre en troupes. La subsistance de ceux-ci étant assurée, nulle rivalité ne peut exister entre les individus d'une même espèce ; la faiblesse de quelques uns, les dangers imminents auxquels presque tous sont exposés, paraissent leur en faire une loi, une nécessité : nécessité heureuse pour l'homme, puisqu'elle a été le point de départ, la condition préliminaire de la domesticité. Les buffles de l'Inde et de l'île de Ceylan, les bisons du nord de l'Amérique, l'yach, ou vache grognante des montagnes de l'Asie, les gazelles, et, en général, tous les autres ruminants, de même que les ânes et les chevaux sauvages, se rassemblent constamment en troupes plus ou moins nombreuses; ils paissent, reposent, émigrent, ou veillent ensemble à la sûreté commune ; la troupe obéit à des chefs qui se sont imposés ou qu'elle s'est choisis ; les jeunes animaux, les individus faibles sont mis au centre et protégés avec sollicitude, et dès que l'ennemi essaie d'attaquer la troupe, toutes les bêtes se rangent, dit-on, en cercle pour lui opposer une barrière redoutable.

L'instinct de conservation offre, parmi ces espèces, une infinité de modifications suivant la nature de leurs aliments, les localités qu'elles habitent, les dangers qu'elles courent, etc. La vache thibétaine, lorsque la neige couvre la région qu'elle habite, se laisse glisser sur le versant de la montagne et vient en remontant brouter l'herbe qu'elle a mise à découvert ; le renne sait bien avec son pied découvrir le lichen dont il doit se nourrir ; le mulet destiné aux voyages dans les steppes de l'Amérique brise, dit de Humboldt, une espèce de cactus dont le suc abondant est pour lui un rafraîchissement agréable. Du reste, tous savent choisir les plantes qui leur conviennent et repousser celles qui pourraient leur nuire. La domesticité, qui a si profondément modifié les animaux destinés à vivre avec nous, n'a pas détruit cet instinct : les bœufs que l'abbé Rozier avait mis dans un pâturage où abondait le colchique souffrirent de la faim, sans toucher à la plante vénéneuse.

Si l'instinct de conservation se révèle, sous une infinité de formes, dans les moyens qu'emploient les animaux pour pourvoir à leur subsistance, il se manifeste aussi avec énergie lorsqu'ils ont à se préserver des attaques et à déjouer les ruses de leurs ennemis. En général, quand ils sont attaqués, ils font usage de leurs armes les plus sûres : le cheval se sert de son pied, le bœuf de ses cornes, l'éléphant de sa trompe, le chat de ses dents et de ses griffes. Les animaux faibles et timides emploient des moyens plus ou moins singuliers : la souris, la taupe, se creusent des habitations souterraines ; le mulot se loge dans un terrier où il s'endort, entouré d'une abondante provision ; le lapin, la marmotte, se réfugient également dans des terriers. Le castor renverse des branchages en travers des courants,

enfonce des pieux, élève une digue, et se construit, avec un talent admirable, une habitation solide. L'industrie que ce dernier emploie à se bâtir une demeure n'est point le résultat de l'éducation, ni le produit de combinaisons intelligentes. Frédéric Cuvier a démontré que des castors pris jeunes, élevés loin de leurs parents et enfermés dans des cages, cherchaient à bâtir, bien qu'ils n'eussent rien appris des animaux de leur espèce, et que toute construction fût pour eux parfaitement inutile.

L'instinct de conservation est très développé dans toutes les classes de la série animale : j'en ai dit assez pour les mammifères. Chez les oiseaux, il offre une infinité de modifications fort remarquables qu'il serait trop long d'examiner ici. Une d'entre elles mérite cependant une mention spéciale, c'est l'émigration. Tout le monde sait que l'oie sauvage, la cigogne, l'hirondelle, la grue, la caille, passent, à certaines époques de l'année, des contrées du nord vers les pays où règne une température plus douce; que la bécasse voyage des montagnes vers les plaines pour trouver une subsistance assurée. Chez les invertébrés, ces instincts sont souvent plus admirables encore que chez les animaux supérieurs : la fourmi laborieuse entasse des provisions dans ses magasins; l'abeille accumule le miel dans sa ruche; l'araignée tend avec art des filets qui doivent servir de piége à sa proie; la seiche poursuivie lance autour d'elle, pour se dérober à la vue de ses ennemis, une partie de l'encre qu'elle tient en réserve dans une poche spéciale; le bernard-l'ermite, dont la queue n'est pas comme le reste du corps pourvue d'une enveloppe résistante, choisit un coquillage vide pour la loger, et l'échange contre un autre quand il est devenu trop petit pour la contenir. Ces quelques exemples, pris parmi des milliers, donnent une idée suffisante de l'universalité des instincts de conservation.

Si ces instincts ne dérivent pas de l'organisation, on ne saurait nier qu'ils soient en parfaite harmonie avec elle. Ainsi les animaux du Nord sont couverts d'une épaisse fourrure; ceux des contrées chaudes ont, au contraire, le pelage peu fourni, et quelquefois même la peau complétement nue; ceux qui passent l'hiver dans un engourdissement plus ou moins complet, comme les reptiles et certains mammifères, tels que l'ours, la marmotte, la chauve-souris, le hérisson, s'engraissent avant la saison rigoureuse, et trouvent dans la graisse un combustible respiratoire ainsi qu'un aliment réparateur; le chameau, exposé à souffrir de la soif dans les climats brûlants qu'il habite, a des poches gastriques où l'eau se tient en réserve; la girafe, qui doit se nourrir des feuilles d'un arbrisseau épineux, a un long cou et une lèvre fendue; le fourmilier, privé de dents, mourrait de faim sans la disposition particulière de sa langue protractile et gluante; l'oiseau de rivage manquerait à sa destination s'il n'avait de longues jambes et un bec effilé. C'est ainsi que, par une concordance des instincts avec l'organisation, la nature s'est montrée logique dans ses plus singulières bizarreries.

Les instincts de conservation se manifestent avec plus ou moins de force aussitôt après la naissance, avant que l'animal ait pu recevoir aucune éducation de ses parents, et, dès lors, ils donnent lieu à des opérations aussi sûres et aussi précises que par la suite. L'abeille, à peine éclose et dégagée des enveloppes de sa larve, sort, comme le dit Réaumur (1), de l'habitation commune, va chercher des fleurs, y va

(1) *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes*. Paris, 1740, t. V, p. 601.

seule, s'empare de leur nectar, et sait bien retrouver sa ruche; en un mot, elle fait dès le premier moment tout ce qui deviendra l'occupation du reste de son existence. Le jeune gallinacé, à peine sorti de sa coquille, va prendre le grain qui doit le nourrir; il comprend dès la première fois le cri d'alarme que pousse sa mère, et accourt sous ses ailes pour se soustraire au danger; les jeunes canards que la poule a couvés vont immédiatement se jeter à l'eau. Les petits mammifères prennent la mamelle de leur mère, dès qu'ils sont sortis de son sein. Haller a vu des agneaux et des chevreaux nouveau-nés aller chercher leur mère à des distances considérables. Ces instincts semblent même préexister à la naissance : le chevreau que Galien avait tiré par une incision du ventre de sa mère distingua au milieu d'une poignée d'herbe le cytise qui s'y trouvait mêlé.

Ils se montrent avec des caractères constants chez tous les individus d'une même espèce qui se trouvent dans les mêmes conditions, et ils ne donnent jamais lieu à des erreurs bien grandes : l'oiseau n'est déterminé à voler que quand ses ailes lui permettent de se soutenir dans les airs ; le jeune carnassier n'est poussé à l'attaque d'une proie que lorsque ses forces sont suffisantes pour assurer la réussite de son entreprise.

Ce que je viens de dire s'applique plus spécialement aux animaux qui vivent à l'état sauvage. L'homme, en asservissant quelques espèces sociables, les a rendues, sous le joug de la domesticité, souples et dociles, en même temps qu'il s'est efforcé de modifier tout ce qui pouvait nuire au but de cet esclavage. En se chargeant de les protéger, de leur construire des habitations, de leur choisir et de leur ménager, pour toutes les saisons, une abondante nourriture, il a affaibli insensiblement l'instinct de conservation, du moins chez quelques unes d'entre elles, comme la brebis nous en offre un exemple frappant, tandis qu'il n'a pu l'altérer chez quelques autres. Plus loin, je reviendrai avec quelques détails sur ces modifications, en examinant l'influence exercée par la domesticité sur les facultés instinctives et intellectuelles des animaux.

III. DES INSTINCTS DE REPRODUCTION.

Si la nature a donné à tous les animaux les instincts nécessaires à leur conservation, elle a dû, pour assurer la perpétuité de l'espèce, leur donner aussi un instinct qui les porte à se reproduire, à protéger et à nourrir leur progéniture, jusqu'à ce qu'elle puisse se suffire à elle-même.

Cet instinct de la reproduction est non moins impérieux que le premier, s'il ne l'est même davantage; mais il en diffère beaucoup, indépendamment du but, en ce que, au lieu de se manifester dès la naissance et de persister à toutes les époques de la vie, il ne se développe qu'au moment de la puberté, pour se faire sentir pendant un certain temps avec des alternatives d'activité et de torpeur, puis pour cesser enfin vers le déclin de l'existence.

Cet instinct à manifestations momentanées, périodiques, prouve bien, par ses caractères, qu'il a son foyer ou son point de départ dans l'appareil génital. En effet, il se développe avec les organes de la reproduction, il se fait sentir au moment de la puberté ; il est vif, quand ces organes fonctionnent avec énergie, s'affaiblit lorsqu'ils

languissent, s'endort temporairement quand ils suspendent leur action, et disparaît avec leur engourdissement ou leur atrophie. La mutilation l'annihile complétement ou à peu près ; enfin, l'apprivoisement des espèces sauvages et quelques circonstances de la domesticité en préviennent ou en font cesser l'apparition.

En disant qu'il a son point de départ dans les organes reproducteurs, je ne prétends pas en inférer qu'il y réside réellement, je veux dire seulement qu'il a, dans ces organes, le principe de son excitation, ou, en d'autres termes, la cause de son apparition ; car s'il résidait dans les organes sexuels, ce ne serait plus un instinct, mais un simple besoin, et il serait complétement anéanti par la castration, ce qui n'arrive pas dans beaucoup d'espèces, et notamment dans celle du bœuf. Du reste, dans cette hypothèse, on s'expliquerait difficilement une infinité de phénomènes très variés qui en dépendent et qui ont avec lui la liaison la plus intime, tels que les soins maternels chez les vivipares, l'incubation et la nidification chez les oiseaux.

Un de ses caractères les plus remarquables, c'est de se présenter sous des traits qui ne sont pas les mêmes dans les deux sexes, puisque le rôle du mâle dans la reproduction de l'espèce est complétement différent de celui de la femelle. Toutefois, dans l'un et dans l'autre, il a quelque chose de commun qui imprime à l'ensemble des fonctions une physionomie nouvelle, au moment où il se fait sentir énergiquement. Alors un redoublement d'activité s'observe dans l'économie ; une ardeur fiévreuse s'empare de l'animal ; il sent qu'il ne peut se suffire à lui-même et qu'il a besoin de s'allier à des individus d'un autre sexe ; l'impulsion qui le porte à se reproduire est tellement forte, qu'il s'oublie lui-même pour ne vivre que pour son espèce. Le taureau ressent une ardeur qui le dévore ; il erre au milieu de la prairie, promène ses regards de tous côtés, fait entendre, à de fréquents intervalles, de longs mugissements ; il se montre rebelle à la voix de celui qui le conduit ; le laboureur essaie en vain de le soumettre au joug : on dirait que le sentiment de son rôle lui fasse regarder comme humiliante la servitude que le bœuf supporte avec docilité. S'il vient à rencontrer un rival, il veut se mesurer avec lui et ne goûter de repos qu'après l'avoir vaincu au milieu de combats acharnés. La vache en chaleur se tourmente, s'agite, refuse de manger, paraît en proie à la plus vive inquiétude, court dans toutes les directions à la recherche du mâle ; elle oublie jusqu'à son petit encore à la mamelle et cesse de l'entourer des soins qu'elle lui prodiguait auparavant avec tant d'empressement. Le coq exerce dans la basse-cour un empire absolu ; fier et jaloux de ses prérogatives, il ne souffre pas qu'un rival vienne les lui disputer. Tous les animaux, enfin, nous montrent cet instinct plus ou moins prononcé ; et il suffit de comparer le taureau au bœuf, le cheval entier au cheval hongre, le bélier au mouton, le coq au chapon, pour se faire une idée des modifications profondes qu'il imprime aux diverses fonctions et à la plupart des facultés des animaux. On voit clairement que c'est lui qui donne à tous le sentiment de l'indépendance, les rend indociles et les fait quelquefois devenir furieux. Il semble, chez les animaux domestiques, aussi bien que chez les espèces sauvages, être aussi prononcé et aussi impérieux que l'instinct de conservation parmi les carnassiers les plus féroces. Pour rendre les animaux plus souples et plus dociles, l'homme a dû l'étouffer en détruisant les organes essentiels de la reproduction.

L'instinct qui nous occupe, quoique en général très prononcé, est loin d'être

aussi parfait dans toutes les classes du règne animal, et dans chacune d'elles il offre même beaucoup de différences, suivant les espèces; sous ce rapport, il y a un aussi grand nombre de degrés qu'il peut y en avoir dans le développement de l'instinct de conservation. Tout à l'heure, je disais que l'instinct de reproduction allait parfois tellement loin, que l'individu s'oubliait, en quelque sorte, pour s'y abandonner entièrement. Plusieurs espèces, celle du hérisson entre autres, nous en offrent un exemple : au printemps, cet insectivore sort de l'engourdissement et de la torpeur où l'avait plongé le froid de l'hiver ; la plus grande partie de sa graisse a disparu pendant que ses vésicules séminales se sont remplies. Eh bien, quoique affaibli, épuisé par l'hibernation, il consume le peu d'ardeur qui lui reste en se livrant à la génération.

Chez les mâles, dans la plupart des espèces, l'instinct reproducteur se présente dans toute sa simplicité, car le rôle de ce sexe est bien moins compliqué que celui de l'autre. Chez la femelle, au contraire, il entraîne une foule de modifications qui ont trait à la protection, à l'entretien et à l'éducation des petits. Ces soins maternels, que le mâle partage rarement, méritent une grande attention à cause de leur diversité.

Parmi les quadrumanes, l'instinct qui nous occupe est excessivement prononcé, comme tout le monde le sait. Les femelles montrent la plus grande tendresse pour leurs petits : elles les portent dans leurs bras ou sur leur dos, quand elles sont obligées de fuir ; elles les défendent avec un dévouement et un courage remarquables.

Chez les femelles des carnassiers, il est peut-être encore plus exalté. La plupart d'entre elles ont pour leurs petits une affection poussée jusqu'aux dernières limites. La chatte, si casanière au coin du feu, change ses habitudes dès qu'elle a mis bas : elle abandonne la place qu'elle avait au foyer, et n'y vient que pour prendre sa nourriture ; elle se dérobe aux caresses qui auparavant lui paraissaient si agréables et s'en va à la hâte allaiter, réchauffer et protéger ses petits. Attentive à dissimuler le lieu où elle les a déposés et le chemin qu'elle prend pour s'y rendre, on la voit soucieuse et inquiète dès qu'elle s'aperçoit que ce lieu est découvert : alors elle les prend dans sa gueule et les emporte un à un dans un autre endroit où ils seront plus en sûreté. La louve, la renarde, la lionne, s'exposent à tous les dangers pour procurer des aliments à leur progéniture. Leur affection pour leurs petits les rend d'une férocité extrême, si elles se voient menacées de les perdre. Mais une fois que ceux-ci peuvent se suffire à eux-mêmes, cette tendresse se change en aversion ; la mère, jusqu'alors si empressée à leur prodiguer ses soins, si courageuse à les défendre, leur voue une haine impitoyable et les éloigne du lieu de leur naissance. Cependant quelques exceptions s'observent parmi les espèces de ce groupe : la chienne et la chatte, qui n'ont pas moins de sollicitude pour l'éducation de leurs petits, ne les prennent pas en aversion, une fois qu'ils deviennent assez forts pour se passer de la protection maternelle. Parmi les ruminants, bien des femelles témoignent presque autant d'affection à leur progéniture. Voyez la vache qu'on prive de son petit : la pauvre mère inquiète le cherche de tous côtés ; errante au milieu de la prairie, elle fait entendre des beuglements plaintifs qui expriment sa douleur et redemandent avec instance le nourrisson qui jusqu'alors ne l'avait pas quittée. Son agitation ne

vient pas de ce que son lait l'incommode : la main de la ménagère, en le lui enlevant, ne calme pas sa cuisante inquiétude.

Les autres ordres de mammifères nous présentent une infinité de particularités plus ou moins intéressantes. Ainsi, chez certains rongeurs, le lapin, par exemple, la femelle n'est pas seulement chargée de l'éducation des petits, elle a encore à lutter contre une aberration de l'instinct qui pousse le mâle à détruire sa progéniture. Lorsqu'elle se sent près de mettre bas, elle cherche un coin obscur de son terrier ; elle s'arrache du poil sous le ventre et en garnit le nid dans lequel elle viendra déposer ses petits. Cette mère timide, sans armes pour résister aux fureurs du mâle, se contente de ne jamais abandonner le fruit de ses amours.

Les didelphes ou marsupiaux, qui sont si singuliers quant à leur organisation, ne le sont pas moins sous le rapport de leur mode de reproduction. Tout le monde sait que, chez eux, le jeune fœtus reste pendant très peu de temps dans la matrice. Au moment où il sort, il se montre sous l'aspect d'une masse informe, à peine ébauchée ; sa perte serait inévitable si sa mère n'avait le soin de le recueillir dès qu'il sort de l'utérus, et de le placer dans une poche spéciale qu'elle a sous le ventre. Une fois dans cette seconde matrice, il se greffe à un mamelon pour y pomper du sang d'abord, puis du lait, quand ses organes peuvent le digérer. Lorsqu'il a acquis un certain accroissement, il sort, par moments, de cette poche protectrice, où sa mère le rappelle au moindre danger. De semblables rapports entre la mère et les petits se continuent jusqu'à ce que ces derniers puissent se passer de ses soins (1).

Enfin, parmi les groupes où les femelles montrent le moins d'empressement à l'éducation de leur progéniture, on remarque néanmoins qu'elles cherchent pour la déposer un endroit convenable. Aussitôt que leurs petits sont nés, elles les sèchent en les léchant, et, pendant leur premier âge, elles ne cessent de les entourer des soins les plus minutieux ; elles ne les quittent que pour prendre leur nourriture. Si la jeune famille leur est ravie, on voit, à leur inquiétude et à leurs plaintes, qu'elles en éprouvent une vive douleur.

Chez les oiseaux, les instincts reproducteurs donnent lieu à des phénomènes plus curieux encore que ceux qui dérivent des mêmes instincts parmi les mammifères. Ici la femelle ne reste pas seule chargée des soins de sa progéniture ; le mâle la protége souvent avec beaucoup de patience et d'abnégation.

Un des plus remarquables de ces phénomènes est celui de la nidification, qui offre tant de variétés dont la raison n'est pas toujours facile à trouver. Dès qu'arrive la saison des amours, la femelle prépare le nid dans lequel elle déposera ses œufs et où elle élèvera ses petits. La nature des matériaux, la manière de les employer, varient à l'infini suivant les espèces : le nid des oiseaux de rivage n'est pas semblable à celui des oiseaux qui vivent dans les forêts ou au milieu des plaines ; l'un niche sur un arbre très élevé, l'autre dans un buisson ; tel niche à terre, tel autre sur un rocher ou dans un trou de muraille. Ces nids sont le plus souvent construits avec un art admirable et une grande solidité, comme ceux de l'hirondelle de cheminée ou de l'hirondelle de fenêtre ; il en est qui, à peine fixés aux branches d'un

(1) Geoffroy-Saint-Hilaire, *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, 1822, t. IX, p. 402.

arbre, peuvent cependant résister aux vents les plus impétueux ; quelquefois ils sont faits avec la plus grande simplicité : celui du rossignol, par exemple ; enfin, dans certaines circonstances, le nid n'est qu'un simple trou dans lequel l'oiseau vient pondre ses œufs, comme le font l'alouette, la caille et la perdrix.

Quelque admirable que puisse paraître l'industrie que les oiseaux mettent à choisir l'emplacement de leur nid, à trouver et à employer les matériaux qui doivent servir à sa construction, cette industrie ne suppose ni réflexion, ni prévoyance, ni combinaison d'aucune espèce. Quand l'animal arrête le lieu où il fera son nid, il ne sait pas que ce lieu convient mieux qu'aucun autre ; quand il prend telle substance, il ignore qu'elle est préférable à telle autre ; au moment où il s'occupe de ce nid, il ne prévoit pas que bientôt il aura des œufs à y pondre, et plus tard des petits à y élever ; toutes ces opérations, il les exécute en vertu d'une impulsion non raisonnée, et dès la première fois il y réussit aussi bien qu'il peut le faire dans tout le reste de son existence ; il n'a besoin pour cela d'aucune éducation, d'aucune expérience. C'est bien à tort que G. Leroy (1) suppose de la réflexion à la perdrix, parce qu'elle place son nid dans un lieu élevé afin de le préserver de l'inondation, et dans un endroit entouré de ronces et d'épines « qui en rendent la vue et l'accès difficiles » : le gallinacé n'agit dans ce cas que par instinct ; il n'a nulle prévision d'une inondation et nulle connaissance de l'utilité des ronces au voisinage de son nid, mais il agit absolument comme s'il savait tout cela.

La construction du nid une fois achevée, la femelle y dépose ses œufs et les couve. Pendant tout le temps que dure l'incubation, elle supporte patiemment mille privations : la poule, dévorée par une fièvre brûlante, quitte difficilement ses œufs, même pour prendre de la nourriture ; il faut, pour ainsi dire, qu'elle y soit excitée par la voix de la ménagère ; à peine a-t-elle un peu mangé et pris quelques gorgées d'eau qu'elle revient sur son nid. Dans certaines espèces, le mâle, qui quelquefois participe à la nidification, se charge de pourvoir à la subsistance de la mère et charme les ennuis de celle-ci par des chants plus ou moins mélodieux ; assez souvent il perd la voix quand le rôle de la reproduction est accompli. Dès que les petits sont sortis de la coquille, la mère va leur chercher de la nourriture, si le mâle ne prend pas ce soin ; elle avale parfois les aliments pour les leur rendre atténués ou mêlés à un suc laiteux sécrété par les glandes des renflements œsophagiens, ainsi que le fait la femelle du pigeon. Elle montre, pendant tout le temps que les jeunes oiseaux ont besoin de sa protection, la plus grande tendresse à leur égard ; elle reste sur le nid pour les préserver du froid, de la pluie, et des attaques de ses ennemis. Si ses petits marchent dès qu'ils sont éclos, comme les gallinacés, elle les mène à la pâture, les appelle lorsqu'elle trouve du grain ou des vers, et les couvre de ses ailes au moindre danger. Son affection la rend courageuse au dernier point pour les sauver du péril qui les menace : tout le monde sait combien la poule devient dangereuse lorsqu'on cherche à lui prendre ses poussins, et chacun a entendu parler de la fureur de l'aigle femelle à laquelle on enlève ses aiglons.

Il est cependant certaines espèces d'oiseaux dont les instincts reproducteurs sont peu développés : l'autruche, dit-on, abandonne l'œuf qu'elle a pondu, laissant à la

(1) *Lettres philosophiques*, etc., p. 77.

chaleur du sable le soin de le faire éclore. Si le fait est exact, ce qui est peu probable, il indique l'affaiblissement d'un instinct que la température des climats chauds ne rend pas indispensable pour cet animal.

Chez les reptiles, l'instinct de reproduction a des caractères très variables. Parmi les espèces qui font des œufs, et c'est presque la totalité, il se traduit par des manifestations extrêmement simples. Une fois que la fécondation et la ponte sont opérées, généralement le mâle et la femelle ne s'occupent plus de leur progéniture. Mais dans quelques espèces, cet instinct donne lieu à des phénomènes plus ou moins bizarres : ainsi le batracien connu sous le nom de *pipa* recueille les œufs à mesure qu'ils sont pondus, et les place sur le dos de sa femelle, où, par suite d'une légère irritation que leur contact produit, ils se trouvent bientôt entourés d'un petit bourrelet qui les protége jusqu'à leur éclosion. Le caïman de l'Amérique du Sud dépose ses œufs dans le sable, sur le bord des eaux, les couvre de feuillages, de plantes aquatiques, et veille patiemment à leur conservation. La vipère, dont les petits naissent vivants, les protége encore longtemps après leur sortie du sein maternel ; dès qu'ils viennent à courir quelque danger, elle les reçoit, dit-on, dans sa gueule, pour les rendre aussitôt qu'ils n'ont plus rien à redouter.

Les poissons paraissent être, de tous les vertébrés, ceux chez lesquels l'instinct reproducteur est le plus faible, et il devait en être ainsi, par suite de leur mode de génération. La femelle n'a pas, en général, de rapports avec le mâle ; elle pond ses œufs qu'elle abandonne au milieu des eaux; le mâle, de son côté, répand sa semence, sans même chercher à la déposer sur les œufs. C'est par suite de la rencontre fortuite de la semence du mâle avec les œufs de la femelle que se produit la fécondation. Les poissons cartilagineux, qui sont vivipares pour la plupart, ont cet instinct un peu moins imparfait; enfin, il est un poisson acanthoptérygien, appelé épinoche (*gasterosteus*), qui construit, selon les observations de M. Lecoq, un nid avec un art singulier : sa femelle vient y déposer ses œufs, qui sont protégés jusqu'à leur éclosion.

Quant à cet instinct, chez les invertébrés, il est plus ou moins prononcé suivant les classes. Quelquefois il se manifeste avec des caractères tellement équivoques, qu'on est porté à douter de son existence ; d'autres fois il se montre plus parfait, sans qu'on puisse bien en donner la raison. Tout le monde sait que, quand on vient à déranger le nid de la fourmi, elle emporte ses œufs dans un lieu où elle les croit plus en sûreté. La mouche carnassière qui est à la veille de pondre vole dans toutes les directions et cherche un endroit convenable pour déposer les siens. C'est sur la chair humide, sur les parties du cadavre qui se ramollissent et qui se putréfient facilement, qu'elle les place de préférence, afin que les larves qui doivent en sortir trouvent dans le lieu même de leur éclosion une abondante nourriture. Le papillon du ver à soie est à peine sorti du cocon qu'il s'accouple et pond. Il ne s'occupe pas de lui, car il ne lui reste que quelques jours à vivre, et il les emploie à la reproduction de l'espèce. L'œstre du cheval va faire ses œufs sur la peau du solipède et dans les endroits où l'animal peut porter la langue; celui du bœuf les fait pénétrer dans la peau, à travers une petite ouverture, et il a soin de ne les déposer que sur les reins, le dos, etc., et non dans les points où ils pourraient être, ainsi que leurs larves, écrasés par les frottements. Une autre espèce va pondre à l'entrée des

narines du mouton : l'œuf éclot, la larve monte dans les cavités nasales, pénètre dans les sinus, s'y nourrit pendant près d'une année, et en sort pour opérer sa métamorphose ; elle en sort facilement, quoique devenue énorme, parce que l'ouverture nasale des sinus est très dilatée. L'œstre a été guidé par un instinct sûr : s'il fût venu pondre ses œufs à l'entrée des narines d'un autre animal, la larve toute petite eût bien pénétré dans les sinus, mais une fois développée, elle eût été dans l'impossibilité d'en sortir, par suite de l'étroitesse des ouvertures ; enfin, elle eût péri dans sa prison (1). L'insecte, une fois arrivé à l'état parfait, poursuit le bétail avec une sorte de fureur : le mouton a beau mettre le nez dans la poussière, et le bœuf s'enfuir à travers les champs, ils ne peuvent se soustraire aux attaques du parasite. Sous tous les climats, ce dernier est également redoutable : le Lapon est obligé, pour en préserver ses troupeaux de rennes, de les emmener dans les montagnes, mais le pasteur des plaines de l'Amérique est réduit à voir ses bœufs presque expirants sans pouvoir éloigner les essaims d'insectes qui les poursuivent (2).

L'instinct de reproduction est encore, comme on le voit, un instinct commun à toutes les espèces animales, mais fort variable, du reste, par son mode de manifestation et les phénomènes qui en dépendent. Chez quelques unes, en effet, nous l'avons vu très prononcé, chez d'autres très faible. Dans toutes cependant, il était parfait, puisque son but se trouvait rempli.

Quelquefois il s'éteint sous l'influence de certaines causes tout à fait étrangères à l'état sauvage. Beaucoup de mammifères et d'oiseaux qui s'apprivoisent assez facilement, perdent, avec la liberté, l'instinct de se reproduire, et restent conséquemment stériles pendant tout le temps que dure leur captivité ; mais il renaît avec leur retour à la vie sauvage. L'anéantissement de l'instinct dans cette circonstance n'a certainement rien qui dérive du raisonnement ; toutefois, quelle qu'en soit la cause, il nous fournit une nouvelle occasion d'admirer cette nature prévoyante qui refuse à des individus la faculté de reproduire leur espèce dans des conditions incompatibles avec son existence.

Il persiste cependant chez les hybrides : la mule, le mulet, le bardeau, bien que ces animaux soient inféconds. Sa manifestation est évidemment alors un non-sens, puisque cette dernière ne saurait avoir, en général, aucun résultat.

Enfin, il offre, parmi les animaux domestiques, quelques aberrations assez remarquables : la poule couve les œufs d'un autre oiseau et montre pour les petits qui en proviennent autant d'affection qu'elle en témoigne aux siens ; elle couve même des morceaux de craie, sans paraître s'apercevoir, comme le dit Buffon, qu'il n'en peut rien résulter. Certaines espèces voisines s'accouplent ensemble et donnent naissance à des produits inféconds, mais elles ne s'unissent ainsi que par l'intervention des soins de l'homme. Quelques animaux, par une aberration plus singulière, cherchent à tuer leurs petits : la truie, par exemple, ainsi que Pline (3) en avait fait la

(1) Voyez ma note à ce sujet, *Recueil de médecine vétérinaire*, 1852, t. IX, p. 479.
(2) Boussingault, *Économie rurale*, 2[e] édit., t. II, p. 505.
(3) *Histoire des animaux*, liv. VIII, p. 213, trad. Guéroult. Il dit aussi que quand il y a trois aiglons dans une seule aire, la mère, par un sentiment dénaturé causé par la disette, en chasse un, faute de pouvoir les nourrir tous trois? (Liv. X, p. 323.)

remarque, dévore quelquefois les siens, et le lapin mâle étrangle souvent les jeunes lapins que la femelle a été obligée d'abandonner pour quelques instants.

IV. DE L'INTELLIGENCE.

Nous venons de voir, par ce qui précède, que l'instinct est le mobile ou le principe de la plupart des actions des animaux. Ces êtres, sans avoir jamais rien appris de leurs parents ni de leurs semblables, sans avoir acquis aucune expérience par le fait de l'exercice et de l'habitude, exécutent les opérations variées et plus ou moins complexes que réclament leur conservation et la reproduction de leur espèce. Jamais, comme le dit Lucrèce (1), l'instinct éloquent de la nature ne les trompe ; ils sont instruits et bien instruits, en naissant, de ce qu'il leur est nécessaire de savoir pour tout le reste de leur existence : ils connaissent leurs ennemis avant que de les avoir jamais vus ; ils savent ce qu'il faut faire pour les éviter et se soustraire à leurs attaques ; n'ignorent aucun des moyens, aucune des ruses qui peuvent leur être utiles pour se procurer de la nourriture ; enfin, ils possèdent toutes les notions à l'aide desquelles ils peuvent se gouverner avec sûreté : ils n'ont donc guère besoin d'intelligence.

Cependant tout dans la vie des grands animaux ne saurait être prévu : il est une infinité d'accidents qui donnent lieu à des rapports plus ou moins insolites entre les individus de différentes espèces, comme entre ceux-ci et l'homme presque constamment occupé à leur faire la guerre. Or, il faut nécessairement que, dans ces circonstances exceptionnelles et imprévues, l'animal soit guidé dans le parti qu'il doit prendre, c'est-à-dire dans le choix des moyens réclamés par les difficultés avec lesquelles il se trouve aux prises, choix qui suppose des connaissances acquises, de la mémoire, de la réflexion, et une sorte de prévision de ce qui arrivera ; en un mot, de l'intelligence. Aussi cette dernière vient-elle se surajouter aux instincts et étendre par là le cercle des facultés psychologiques de la brute.

« Les animaux, dit M. Flourens, reçoivent par leurs sens des impressions semblables à celles que nous recevons par les nôtres ; ils conservent comme nous la trace de ces impressions ; ces impressions conservées forment, pour eux comme pour nous, des associations nombreuses et variées : ils les combinent, ils en tirent des rapports, ils en déduisent des jugements, ils ont donc de l'intelligence (2). »

Mais en quoi consiste cette intelligence ? quels sont ses éléments, son étendue, ses limites ? Pour les uns, elle ne se distingue de celle de l'homme que par une moindre perfection ; pour les autres (3), elle en diffère en outre en ce qu'elle est dépourvue de réflexion.

Si, évidemment, l'intelligence des bêtes est beaucoup moins étendue et moins parfaite que l'intelligence humaine, elle n'est pas toujours exempte de réflexion : le loup qui veut franchir les barrières d'un parc pour prendre un mouton semble réfléchir aux difficultés de son entreprise et aux moyens qu'il devra employer pour les vaincre ; le renard enfermé dans un terrier dont la bouche est garnie d'un piége

(1) *De la nature des choses*, liv. II, p. 35.
(2) *De l'instinct et de l'intelligence*, p. 49.
(3) Aristote, Reimarus, F. Cuvier, M. Flourens.

fait sans doute de singulières réflexions sur ce qu'il peut tenter pour en sortir; le chien qu'on a battu et qu'on appelle ensuite cherche probablement à deviner si on l'appelle pour le caresser ou lui donner de nouveaux coups; une infinité d'actions des animaux semblent indiquer de la part de ceux-ci réflexion, comparaison, jugement. Ils jugent et comparent, dit Leroy (1), puisqu'ils hésitent et choisissent, puisqu'ils réfléchissent sur leurs actes, puisque l'expérience les instruit, et que des expériences répétées rectifient leurs premiers jugements.

L'intelligence de l'animal, comme celle de l'homme, a pour élément des idées plus ou moins nombreuses, plus ou moins complexes. Naturellement simples et susceptibles d'un très petit nombre de combinaisons, les idées de l'animal n'ont pas toutes la même origine que les nôtres. Condillac et son école les regardaient comme le produit des sensations; d'autres, comme le résultat de la réflexion et de la sensation; quelques uns, enfin, repoussant toute espèce d'intervention extérieure, en font des opérations purement intellectuelles dérivées immédiatement des centres nerveux. La première hypothèse, si elle est peut-être trop exclusive en ce qui concerne l'espèce humaine, s'adapte fort bien à la psychologie des brutes, tandis que la seconde explique mieux les actions de notre propre entendement.

En effet, s'il est vrai, ainsi que le veut Cabanis (2), que les idées viennent de deux sources différentes, la réflexion et les sensations, il est facile de concevoir qu'elles doivent se multiplier à l'infini chez l'homme dont la réflexion si étendue peut, à elle seule, en produire un grand nombre, tandis que chez les animaux, dont la réflexion est excessivement bornée, il ne peut guère y avoir que celles dérivées des sensations. En repoussant le système de cette double origine, on ne pourrait guère expliquer comment il se fait que les animaux dont les sens sont souvent plus parfaits et plus délicats que les nôtres, n'ont, cependant, pas un aussi grand nombre d'idées; il faut donc l'admettre, puisqu'il se montre si bien en rapport avec l'observation attentive des phénomènes de l'entendement.

Dès l'instant qu'on n'a pu parvenir à s'entendre sur la source et sur la nature des idées, on a dû en donner des définitions fort dissemblables. Dugès adopte celle-ci : « L'idée ou la notion est le produit immédiat de la sensation centrale ; c'est la sensation avec douleur, ou plaisir, si elle est un peu vive », ce qui revient à dire que l'idée est le résultat de la sensation ou la sensation elle-même, formule assurément trop vague et insuffisante pour établir la distinction entre la cause et l'effet : acceptons-la, cependant, en nous rappelant que si chez les animaux, la plus grande partie ou la totalité des idées dérive des sensations, il est évident que chez l'homme, un très grand nombre de ces idées émanent plus ou moins directement de la réflexion.

Quels que soient leur point de départ et leur nature, les idées se développent rarement isolées ou réduites à l'état de simplicité; elles sont généralement associées entre elles, mais toujours en petit nombre. A la vue d'un objet quelconque, l'animal a en même temps l'idée de sa forme, celle de sa grandeur, de sa couleur, de son immobilité ou de son mouvement, de sa distance, etc. L'animal poursuivi par

(1) *Lettres philosophiques*, p. 259.
(2) *Rapports du physique et du moral de l'homme*, 8e édition. Paris, 1844, in-8°.

un ennemi a, à la fois, l'idée du danger qu'il court et celle de fuir ou de se soustraire au péril par tout autre moyen ; le second qui évente un piége où déjà il a failli se faire prendre a certainement, avec l'idée de l'éviter, celle de la peur qu'il a autrefois éprouvée ; le chien qui entend le signal du départ pour la chasse a très probablement l'idée du plaisir qu'il ressent à relancer le gibier avec celle de prendre part à la curée. Ce même chien, s'il reçoit un coup de bâton, a l'idée du coup avec celle de l'instrument qui le donne, et quelquefois aussi l'idée de la main qui a dirigé le bâton. Seulement, lorsqu'il veut combiner ces idées diverses et les enchaîner suivant leurs rapports naturels, il lui arrive souvent de se tromper en rapportant, par exemple, à l'instrument inerte la cause de la douleur qu'il a ressentie, et alors au lieu de chercher à mordre la main qui est la cause première, il se jette sur le bâton. Mais c'est là une erreur de raisonnement qu'il ne commet pas toujours ; il sait très bien dans des circonstances aussi simples remonter de l'effet à la cause réelle, en négligeant l'intermédiaire, car s'il s'attaque au bâton tant que l'homme le tient entre les mains, il se jette sur l'homme lui-même une fois que ce dernier s'en est dessaisi.

A part ces simples idées venues par les sens, idées que Reimarus considère comme des instincts représentatifs, les animaux n'en ont guère d'autres. On ne peut savoir s'ils ont une idée du temps, si celle du présent est bien distincte chez eux de celle du passé ou de l'avenir. Les notions qu'ils peuvent acquérir sur ce qui les entoure doivent être conséquemment assez restreintes, d'autant plus qu'ils ne fixent attentivement que les choses qui les intéressent : ils n'ont probablement qu'une notion vague et confuse de tout ce qui leur est indifférent.

Les idées des animaux, les notions qu'ils acquièrent, les impressions diverses qu'ils éprouvent, laissent dans leur esprit, si je puis me servir de cette expression, une trace plus ou moins profonde, et s'y conservent même pendant longtemps : ils sont doués, comme nous, de la mémoire, c'est-à-dire du souvenir des choses passées, mais cette mémoire que Buffon voudrait appeler réminiscence, serait pour les animaux un simple renouvellement subjectif des sensations déjà éprouvées. Elle est plus ou moins étendue, plus ou moins parfaite, suivant les espèces et les âges ; mais quelle que soit sa perfection, elle existe incontestablement chez tous les animaux supérieurs ; plusieurs faits semblent même démontrer qu'elle ne manque pas absolument parmi les espèces inférieures du règne animal. C'est surtout en vertu de cette précieuse faculté que les animaux domestiques peuvent profiter de l'éducation qu'ils reçoivent : sans elle, il serait impossible de les façonner d'une manière durable et d'en obtenir tous les services que nous en retirons.

Quelques mots suffiront pour donner une idée de son étendue dans chacune des espèces que l'homme a soumises au joug de la domesticité.

Le chien doit être ici placé en première ligne. Tout le monde sait combien sa mémoire est fidèle, comment il reconnaît son maître après une longue absence, comment il retrouve les chemins où il a passé, comment il conserve le souvenir des bienfaits qu'il a reçus et des mauvais traitements qu'il a subis.

Le chat jouit aussi d'une mémoire excellente, de la mémoire des lieux notamment. Aussi est-il très difficile de le désorienter quand on veut s'en défaire. J'ai entendu raconter bien des fois que quelqu'un voulant se débarrasser d'un chat incommode, profita d'un voyage nocturne de six à sept lieues pour essayer de le perdre

dans les bois. Mais quel ne fut pas son étonnement, lorsqu'à son retour, il trouva à la maison l'animal dont l'arrivée avait de beaucoup précédé celle de son maître.

Le cheval est encore bien partagé sous ce rapport. Toutes les personnes qui étudient ou qui soignent cet animal le savent parfaitement. Celui que son maître maltraite d'habitude dresse les oreilles, et s'agite toutes les fois que quelqu'un entre dans l'écurie, parce qu'il se souvient des coups qu'il a reçus, et qu'il craint d'en recevoir encore; ceux qui ont subi des mauvais traitements, qui ont été soumis à la torture, s'en ressouviennent dès que quelque chose rappelle les sensations pénibles qu'ils ont éprouvées. Un cheval qu'on ne peut ferrer sans contrainte s'effarouche au seul bruit de l'enclume ou à la vue du fer rouge; celui qu'on a couché plusieurs fois pour des opérations douloureuses, tremble à la vue du torche-nez ou au bruit des entraves qu'on agite autour de lui. M. Rainard cite l'exemple d'un cheval qui était pris de convulsions toutes les fois qu'il arrivait à un endroit où il avait éprouvé une grande frayeur; M. Bouley a vu un cheval qui avait subi une opération à l'École, reconnaître de loin, au bout d'une année, les lieux où il avait souffert, refuser d'en approcher et devenir inabordable une fois qu'on fut parvenu à l'y faire arriver par une voie détournée. Ceux de ces animaux qui sont employés aux exercices du manége se rappellent les mouvements les plus variés, les évolutions les plus compliquées, et ils font d'autant plus vite leur éducation que leur mémoire est plus parfaite. Certains individus de cette espèce en sont doués à un degré très remarquable, tel le cheval dont M. Dubois (d'Amiens) parle dans l'éloge de Broussais : Le père de l'illustre médecin allait, chaque jour, dans la matinée, voir ses malades; le soir, il rentrait chez lui et confiait sa monture à son fils qui devait porter aux clients les médicaments prescrits; chemin faisant, le solipède, dont la mémoire était fidèle, s'arrêtait devant chaque maison où son maître avait fait des visites.

Le bœuf a la mémoire plus courte que le cheval. Cependant il reconnaît la main qui lui donne sa nourriture, celle qui le caresse ou le maltraite; il sait retrouver le pâturage où on le conduit habituellement et les chemins par lesquels il passe quelquefois. Quand le laboureur le dételle, il sait fort bien prendre la voie qui le conduit à la maison : il est bien rare qu'il se trompe.

Le porc, si stupide qu'il paraisse, n'est pas dépourvu de mémoire. Bosc (1) raconte avoir vu dans la Caroline du Sud des porcs entretenus dans les bois en pleine liberté et sans gardiens, revenir tous les samedis au logis de leur maître, parce que ce jour-là on avait l'habitude de leur distribuer un petite ration de maïs.

La brebis paraît être l'animal dont la mémoire est la plus faible, comme il est celui dont l'intelligence est la plus obtuse. C'est à peine si au bout de longtemps il reconnaît la main qui le nourrit et le berger préposé à sa garde; encore n'est-on pas bien sûr qu'il en arrive là. Il n'a pas davantage la mémoire des localités : si, au retour du pâturage, on n'a pas le soin de le ramener jusqu'à la porte de la bergerie, il reste en chemin ou bien s'égare. Il est vrai que dans ce cas, il est difficile de préciser le moteur qui le dirige; c'est peut-être autant son insouciance ou son stupide instinct d'imitation que son manque de mémoire qui l'empêchent de revenir sous le toit de son étable.

(1) Magne, *Hygiène appliquée.*

Les grands animaux sauvages nous montrent tous les signes d'une mémoire non moins parfaite que celle des espèces domestiques : F. Cuvier en rapporte (1) un exemple très remarquable. Un amateur qui possédait un loup apprivoisé étant forcé de s'absenter pour plusieurs années, confia cet animal à la ménagerie du Jardin des plantes. A son retour, cette personne, désirant s'assurer si le loup la reconnaîtrait bien, se fit introduire près de sa loge pendant la nuit. L'animal reconnut son maître à sa voix, fit entendre des cris de joie et se livra à des mouvements désordonnés jusqu'au moment où il fut rendu à ce maître pour qui il avait conservé un profond attachement. Du reste, chacun sait combien il est difficile de prendre dans des piéges les animaux qui y ont été exposés, et les chasseurs les plus habiles réussissent rarement à reprendre ceux qui sont parvenus à se dégager de leurs filets.

Chez les oiseaux, cette faculté est généralement moins étendue et moins durable. Sous ce rapport, la mémoire de ces animaux ressemble à leurs sensations qui sont vives, mais éphémères. Ceux que nous apprivoisons apprennent à retenir des airs de musique plus ou moins compliqués; quelques uns, comme le perroquet, se rappellent longtemps des phrases entières assez longues ; d'autres, comme les hirondelles, ont, à un haut degré, la mémoire des lieux. On sait, en effet, que ces oiseaux retrouvent parfaitement, au retour de leurs migrations, le toit ou le nid qu'elles ont habité l'année précédente ; l'oie et le canard se souviennent très bien des endroits où ils ont découvert une mare, un ruisseau pour se baigner ; le coq reconnaît, à la première vue et même à la voix, le rival qui lui a disputé la souveraineté d'une basse-cour. La mémoire des lieux que possèdent certains oiseaux est, dans quelques cas, mise à profit pour le transport des dépêches : chacun a entendu raconter ces histoires de pigeons voyageurs destinés à porter des nouvelles à des distances considérables.

Si la mémoire des animaux varie tant, suivant les espèces, elle varie aussi un peu suivant les âges. Les animaux jeunes, comme le remarque Dugès, l'ont plus sûre que les vieux. Cette particularité, commune à l'homme et à la brute, doit être prise en grande considération, au point de vue de l'éducation des animaux ; elle nous indique qu'il faut les prendre dès le jeune âge si l'on veut leur donner de bonnes habitudes, les plier à certains services et les façonner rapidement aux exercices qu'on peut en espérer. Leur éducation pour le travail, la guerre, le manége est alors plus facile, et les leçons qu'ils reçoivent laissent en eux des impressions plus durables. Certainement, il est beaucoup d'autres raisons qui motivent une telle préférence, mais n'y eût-il que celle-là, qu'elle serait bien suffisante; d'ailleurs, la mémoire est une faculté perfectible qui a besoin pour acquérir tout son développement d'être exercée et cultivée, sinon elle s'affaiblit au lieu de s'accroître.

Ce n'est pas assez que l'animal ait des idées et qu'il en conserve le souvenir, il faut qu'il puisse les associer, en saisir les rapports et en tirer des inductions propres à lui servir de guide dans les actions qui ne sont pas complétement du ressort de l'instinct; en un mot, il faut qu'il jouisse de la propriété de réfléchir, de comparer et de juger : or il possède cette faculté, mais dans des limites assez restreintes; il

(1) *De l'instinct et de l'intelligence*, par M. Flourens, p. 92.

est impossible de la lui dénier, pour peu qu'on ait étudié attentivement les actions dont se compose la vie des bêtes.

Les naturalistes et les métaphysiciens ont eu beau établir des distinctions plus ou moins subtiles entre les actes de l'intelligence humaine et les actes de l'intelligence des animaux, chercher des différences dans la nature des phénomènes, alors qu'il n'en existe que dans leur degré de perfection ; tous se sont vus à la fin forcés de reconnaître de l'intelligence aux bêtes : Aristote (1), en leur refusant la faculté de réfléchir ou de s'arrêter et de revenir sur ce qu'ils ont appris, leur donne cependant « quelque chose qui ressemble à la prudence réfléchie de l'homme » et « une faculté naturelle susceptible de comparaison qui les dirige dans leurs actions » ; Reimarus (2), qui leur conteste la réflexion et le jugement, leur accorde pourtant « une faculté analogue à l'entendement et à l'intelligence » ; Buffon (3) lui-même, après s'être efforcé de rapporter les opérations des bêtes à des déterminations purement sensitives, ne peut s'empêcher de les peindre comme des êtres intelligents. De tels aveux suffiraient à prouver que l'intelligence des animaux ne saurait être niée si tant d'observateurs judicieux, Réaumur, Leroy, F. Cuvier, etc., ne l'avaient reconnue et même exagérée.

En effet, est-il possible de nier que les animaux aient de l'intelligence, et que par celle-ci ils puissent associer des idées, les comparer et en tirer des déductions lorsqu'on voit ces animaux hésiter sur le parti qu'ils ont à prendre, s'arrêter à telle détermination mieux appropriée aux circonstances qu'à telle autre, varier et combiner leurs actions suivant le but qu'ils veulent atteindre. Peut-on, par exemple, soutenir que le chien qui exécute un ordre donné par son maître ne saisisse pas le rapport qui existe entre l'ordre donné et les moyens de l'exécuter ? Est-il logique d'admettre que cet animal, qui paraît indécis sur le choix d'un chemin à l'endroit où une route se divise, ne cherche pas à se rappeler la voie qu'il a autrefois suivie ? Est-il vraisemblable de croire que le loup, le renard, qui se disposent à attaquer un troupeau, à pénétrer dans une basse-cour, à sortir d'un piége, n'associent pas certaines idées et n'en tirent des inductions propres à leur servir de règle de conduite. Mais un simple coup d'œil jeté sur les actions de chacun de nos animaux mettra mieux en relief leur intelligence qu'une dissertation abstraite, si savante qu'elle puisse être.

Parmi eux, le chien est incontestablement le plus intelligent. Placé très près de l'homme dans l'échelle des mammifères, il se rapproche de nous plus encore par la perfection de son intelligence que par celle de son organisation ; la plupart de ses actions paraissent réfléchies et semblent le résultat d'une espèce de raisonnement, moins étendu sans doute que le nôtre, mais cependant fort remarquable. L'observation de ce carnassier suffirait pour réfuter victorieusement les célèbres doctrines cartésiennes, si l'on ne trouvait pas, dans le reste des animaux supérieurs, une foule de phénomènes isolés qui prouvent sans réplique l'intelligence des bêtes. Rien n'est

(1) *Histoire des animaux*, trad. Camus, t. Ier, liv. I, p. 13, et liv. VIII, p. 451.
(2) Ouv. cité, t. Ier, p. 59.
(3) *Histoire naturelle du chien*. « C'est surtout à la guerre, dit-il, c'est contre les animaux ennemis ou indépendants qu'éclate son courage et que *son intelligence se déploie tout entière*, etc. »

plus facile que de constater, chez lui, l'existence de ces intéressantes facultés. En effet, quand il conduit l'aveugle, voyez combien il montre de prévoyance et de jugement ; il se dirige vers le chemin le plus sûr, évite soigneusement les endroits dangereux, hâte ou ralentit le pas pour éviter la rencontre des voitures. Voyez celui qui garde le troupeau, quelle vigilance, quelle sollicitude il met à veiller au salut des animaux qui lui sont confiés ; avec quel empressement il exécute les ordres du berger ; enfin avec quelle intelligence il comprend et devine même les volontés de son maître. Le chien de chasse qui reçoit une correction pour avoir mangé le gibier qu'il devait rapporter vient bientôt le déposer intact aux pieds de son maître, de crainte qu'une nouvelle infidélité soit punie du même châtiment. S'il lui arrive de faire quelque escapade, il se montre timide, honteux, comme s'il avait le sentiment de sa faute et la conscience d'avoir mérité une punition. Quand le laboureur qui trace un long sillon laisse à l'extrémité du champ son vêtement et son dîner, l'animal les garde fidèlement et résiste même à l'appât d'un bon morceau, pour remplir une mission dont il s'est chargé spontanément. Là, il aboie contre les étrangers, mais il se laisse approcher du valet de son maître ou de quelqu'un des siens, parce qu'il les connaît et sait n'en avoir rien à craindre. Celui qui garde la basse-cour ne cesse d'aboyer à la vue du passant qui lui paraît suspect, mais il se tait à l'approche d'une personne qui lui est familière. Lorsqu'il accompagne le voyageur nocturne, il lui obéit au moindre signe, au moindre geste, et peut devenir ainsi, entre les mains du malfaiteur, une arme très dangereuse pour celui qui se trouve attaqué. Enfin, quelle que soit sa spécialité, si je puis me servir de cette expression, il comprend le langage de l'homme, devine ses volontés et se met à son service avec le plus entier dévouement, jusqu'à partager l'infortune et la misère de son maître. S'il fallait encore d'autres preuves de son intelligence, je renverrais à ces histoires de chiens célèbres rapportées dans une infinité d'ouvrages.

Après le chien, l'animal qui a le plus d'intelligence est le chat, quoique cette faculté se montre moins en évidence à cause des mœurs et des habitudes de ce carnivore. Dugès rapporte comme une preuve de cette intelligence, le fait suivant (1) : « Un chat peu familier auquel je jette un morceau de viande accourt et s'en saisit, si je suis à quelque distance ; il n'ose venir le prendre à mes pieds ; à une distance médiocre, il hésite, allonge la patte, tire à lui son butin en s'avançant le moins possible ; il compare donc la distance et juge des cas où il est ou non à la portée d'une insulte. » Le chat est d'un caractère très défiant ; s'il a reçu le fouet pour avoir commis quelque rapine, on a beau le rappeler, l'exciter par l'appât d'une friandise, il regarde, écoute, observe, mais se garde bien d'approcher. Quand il attrape une souris, il s'en amuse souvent, et tout, dans ce divertissement, annonce de l'intelligence : après l'avoir serrée entre les dents, il la prend sous ses pattes, la tourne dans tous les sens, et puis il l'abandonne un instant, mais aussitôt que la souris s'est enfuie à une certaine distance, il la ressaisit, puis la lâche de nouveau, et continue très longtemps ce manége, où se révèle aussi une adresse remarquable.

Le cheval, reporté si loin de l'espèce humaine dans les classifications zoologiques, n'est pas, sous le rapport intellectuel, très inférieur à certains carnassiers, et il sur-

(1) Dugès, *Traité de physiologie*, t. Ier, p. 436.

passe même quelques uns d'entre eux, tels que le hérisson et plusieurs insectivores. Aussi revient-il à une place plus avantageuse dans les classifications basées sur le système nerveux. Tout le monde sait avec quelle intelligence il obéit à son maître, et comment, dans certaines circonstances, il semble deviner ses intentions et ses volontés. Le bœuf comprend aussi les paroles qui le flattent et celles qui le menacent ; il entend la voix du laboureur, accélère sa marche ou la ralentit, quand on le lui commande ; il quitte l'étable à regret et avec peine. On le voit marcher d'un pas lent, lorsqu'il se rend au labour, mais quand il retourne au logis, il précipite sa marche, car il sait qu'il va y retrouver le repos et une bonne nourriture.

Le porc donne peut-être encore plus que le bœuf des preuves de réflexion et de jugement. F. Cuvier pense qu'il n'est guère inférieur à l'éléphant pour l'intelligence. Le sanglier, d'après ce naturaliste, s'apprivoise aisément ; « il reconnaît celui qui le soigne, il lui obéit, et se prête à certains exercices (1). » Dugès (2) va même plus loin et incline à croire que le porc deviendrait aussi intelligent que le chien, si l'on prenait le soin de l'élever de la même manière ; et, pour appuyer cette assertion un peu hasardée, il fait remarquer que les chiens entretenus pour être mangés, dans les îles de l'Océanie, se montrent aussi stupides que les porcs de nos pays. Pline a dit que des porcs emmenés par des pirates reconnurent leur maître à sa voix, firent chavirer le bateau en se jetant tous du même côté, et regagnèrent le rivage ; ceux qu'on entretient à Alfort reconnaissent très bien de loin, par le bruit qu'elle fait, la voiture qui leur amène des débris, et viennent à sa rencontre jusqu'à la porte de la cour où ils sont enfermés.

Si nous arrivons à la brebis pour chercher des preuves de réflexion et de jugement, nous trouverons que sous le rapport intellectuel elle doit être placée en dernière ligne. Sa stupidité est devenue proverbiale. Déjà, sa mémoire est si courte qu'il est difficile de savoir si, au bout de longtemps, elle parvient à reconnaître la personne qui lui distribue sa nourriture. Cela est d'autant moins étonnant que cet animal reconnaît difficilement les individus de son espèce avec lesquels il a l'habitude de vivre. Deux béliers, dit M. Flourens (3), habitués à vivre ensemble, sont-ils tondus, on les voit aussitôt se précipiter l'un sur l'autre avec fureur. Du reste, on se rappelle que ses instincts sont aussi affaiblis que l'est son intelligence. Ces animaux ne paraissent avoir en partage que leur sotte tendance à l'imitation.

Il serait trop long de passer en revue les animaux sauvages pour trouver des exemples des facultés intellectuelles portées à divers degrés de perfection. Toutes les familles de mammifères nous en offrent de très remarquables, rapportés dans la plupart des ouvrages d'histoire naturelle. F. Cuvier, qui a fait tant de belles observations sur ce sujet, nous a peint, avec des traits pleins de vérité, l'intelligence des singes ; il a fait voir que l'orang-outang exécute des actes évidemment réfléchis et combinés. Celui dont il rapporte l'histoire se cramponnait avec soin sur le vaisseau, dans la crainte de tomber, ouvrait la porte d'un salon, en montant sur une chaise, sans qu'il eût jamais vu personne se servir de ce moyen ; cherchait à arracher les griffes de deux chats qui l'égratignaient lorsqu'il jouait avec eux ; à table,

(1) Flourens, *De l'instinct et de l'intelligence*, p. 39.
(2) Dugès, *Physiologie*, t. Ier, p. 439.
(3) *De l'instinct et de l'intelligence*, etc., p. 39.

s'il ne pouvait remplir sa cuiller, il la passait à son voisin pour la faire remplir. « Un jour qu'après avoir remis son verre sur la table, il vit qu'il n'était pas d'aplomb et qu'il allait tomber, il plaça sa main du côté où il penchait pour le soutenir (1). » Buffon avait déjà fait sur cet animal des remarques analogues. Dureau de Lamalle dit (2) qu'un « singe (*cynocephalus porcarius*) d'une grande férocité, auquel on n'osait reprendre un chapeau qu'il avait saisi, le jeta au nez de son maître, aussitôt que celui-ci se fût fait apporter son fusil de chasse ; aucune autre menace n'avait pu vaincre son opiniâtreté. » D'ailleurs, beaucoup de mammifères parmi les carnassiers, le phoque entre autres, plusieurs pachydermes et certains ruminants, nous donnent des preuves d'une intelligence assez élevée. L'éléphant, si au-dessus de tous les animaux de son ordre, montre, par un grand nombre de ses actions, des marques non équivoques de réflexion et de jugement. Les éléphants d'Afrique, dit Dugès, ne redoutent nullement les nègres, qui n'ont pas su les réduire en servitude; ceux d'Asie vivent loin des lieux habités, et cela, du reste, autant par instinct que par raisonnement.

Parmi les oiseaux, nous trouvons encore un peu d'intelligence. La plupart fuient le chasseur et non l'homme désarmé; plusieurs d'entre eux finissent par reconnaître que le mannequin qu'on a mis dans les champs pour les effrayer n'a rien de redoutable. Quelques uns des plus stupides en apparence font, en certains cas, preuve de discernement : tel ce dindon qui après avoir été habituellement maltraité par un coq, courut « pour le plumer entre les mains de la ménagère qui le livrait à sa vengeance (3). »

En résumé, les opérations connues sous les noms de réflexion, jugement, comparaison, raisonnement, se manifestent chez tous nos animaux domestiques et chez tous les mammifères, dans des limites plus ou moins étendues. Leur intelligence est donc un fait incontestable et évident pour tous les esprits qui veulent analyser avec un peu de soin les phénomènes de l'entendement. Il nous aurait été facile d'insister plus longtemps sur la démonstration de cette vérité, mais c'eût été nous écarter des bornes dans lesquelles nous devons nous renfermer. Ce qui précède suffit pour l'établir d'une manière incontestable.

V. DU CARACTÈRE ET DES PASSIONS.

En parlant des instincts, j'ai cherché à démontrer que ces facultés sont constantes et immuables comme les espèces, et qu'elles se trouvent toujours en rapport avec l'organisation d'une manière plus ou moins évidente. Les actes qui nous restent à étudier ont beaucoup d'analogie avec ceux qui dérivent de ces facultés; les liens qui unissent les premiers avec les seconds sont même tellement intimes, que l'on pourrait dire, sans exagération, que les passions, les sentiments divers des animaux sont instinctifs, bien qu'ils puissent être modifiés et développés jusqu'à un certain point sous l'influence de l'éducation.

(1) F. Cuvier, *Description d'un orang-outang et observations sur ses facultés intellectuelles* (*Annales du Muséum*, t. XVI, 1810).
(2) Dugès, t. I, p. 438.
(3) Dugès, t. I, p. 435.

Il n'est pas nécessaire d'examiner bien attentivement les animaux pour s'apercevoir que chacun d'eux a un caractère particulier plus ou moins prononcé, et reconnaître que tous éprouvent, à des degrés variables, des passions analogues à celles de notre espèce. C'est là un fait d'observation si saillant, qu'il n'a jamais été contesté. Le naturel de plusieurs animaux, celui du tigre, celui du loup, du renard, de la gazelle, de l'aigle, etc., ont toujours été les types ou les emblèmes du caractère de certains hommes. De même, les sentiments divers qui se manifestent si clairement chez eux ressemblent trop aux nôtres, par les causes qui les font naître et les effets qu'ils produisent, pour qu'on ait pu s'empêcher de les mettre en parallèle.

On conçoit aisément, pour peu qu'on y réfléchisse, qu'il est indispensable à l'animal d'avoir un caractère approprié à ses besoins et à son genre de vie. Si, en effet, le carnassier, par exemple, au lieu d'être courageux et féroce, avait un naturel opposé, comment ferait-il la guerre à ses victimes, et par quels moyens pourvoirait-il à sa subsistance ? Si l'herbivore, qui est faible et sans armes, n'était timide et défiant à l'excès, ne deviendrait-il pas trop facilement la proie de ses ennemis? Il faut donc que le caractère de chaque espèce soit régulièrement déterminé et qu'il n'ait rien d'arbitraire ni d'incertain ; il faut, en un mot, qu'il soit fatalement régi par les lois auxquelles se trouvent soumis les divers instincts. L'observation démontre qu'il en est bien ainsi dans toutes les circonstances. Jamais le caractère ne paraît résulter, du moins chez les animaux sauvages, de l'exercice des facultés intellectuelles : tel animal est courageux, mais ce n'est point parce qu'il a appris ou présumé que sa hardiesse lui est nécessaire, ni parce qu'il a le sentiment de sa force, la conscience de sa supériorité ; il est courageux de sa nature avant d'avoir pu juger de sa vigueur et de la puissance de ses moyens d'attaque. Si tel autre est timide, il ne l'est point par suite du sentiment qu'il peut avoir de sa faiblesse ou des dangers auxquels il se trouve exposé, car il l'est avant d'avoir appris qu'il a des ennemis et d'en avoir reçu la moindre insulte. Dans le premier cas comme dans le second et tous les autres, le caractère est instinctif, inhérent à la nature de chaque espèce animale ; seulement il peut se modifier, dans de certaines limites, par l'action d'un grand nombre de causes.

Puisqu'il y a une infinité de nuances dans la manière de vivre des animaux, il doit nécessairement y avoir, parmi eux, une grande diversité dans le caractère. L'observation démontre, en effet, que chaque espèce a le sien, mais uniforme pour tous les individus dont elle se compose. Aristote, qui a fait cette remarque pleine de justesse, s'est attaché à donner une idée de ces nuances en ce qui concerne les animaux les mieux connus, et divers naturalistes, Buffon entre autres, les ont mises en relief d'une manière plus ou moins frappante.

Parmi eux, les uns ont le caractère sauvage ; les autres, le caractère sociable ; tels ont un caractère vif, emporté, fougueux, irritable ; tels autres, le caractère doux, timide, souple, docile, obéissant ; il en est qui ont le caractère méchant, rétif, féroce, ou le caractère défiant, rusé, etc., etc. Dans toutes ces circonstances, il est facile de voir qu'il est le résultat des tendances instinctives ou l'expression synthétique des diverses facultés propres à l'animal.

Le caractère sauvage est celui des animaux tels que le sanglier, le loup, les oiseaux de proie, les carnassiers, qui ont besoin de vivre dans l'isolement pour mieux assurer

leur subsistance. Ceux qui le possèdent n'aiment que la solitude; ils ne voient dans les autres individus de leur espèce que des rivaux ou des ennemis auxquels il faut déclarer la guerre; ils ne peuvent supporter leur femelle dès que la saison du rut est passée, ou leurs petits dès qu'ils sont capables de se procurer eux-mêmes leur nourriture ; ils ont peu d'aptitude à s'apprivoiser et à devenir domestiques.

Le caractère sociable qui appartient aux chiens, aux solipèdes et aux ruminants, est l'opposé du premier sous tous les rapports. L'animal sociable ne peut supporter la solitude ; il est instinctivement porté à vivre avec un certain nombre d'individus de son espèce, à partager avec eux ses craintes, ses dangers, ses combats ; mais sa sociabilité n'a rien de raisonné, ni de calculé : l'homme l'a mise à profit et a trouvé en elle la condition préliminaire de la domesticité.

Le caractère emporté, fougueux, est celui des animaux jeunes, ardents, impressionnables, à déterminations brusques. On le remarque surtout chez le taureau, le cheval entier qu'il rend peu maniables, difficiles à conduire et parfois dangereux ; mais il se modifie par le fait de l'âge, du travail et de plusieurs autres causes.

Le caractère doux, timide, est propre aux rongeurs, aux ruminants, et, en général, aux animaux faibles, privés de moyens de défense. Cette timidité semble résulter d'un sentiment instinctif d'infériorité et d'impuissance.

Le caractère hardi, audacieux, est l'apanage des animaux vigoureux qui ont conscience de leurs forces et de la sûreté de leurs armes naturelles. C'est celui du lion et des carnassiers pressés par la faim ou par l'affection qu'ils portent à leurs petits.

Le caractère féroce, sanguinaire, est l'attribut le plus saillant des espèces qui se repaissent de proies vivantes ; il tient à un besoin impérieux auquel rien ne peut faire diversion.

Il est une foule d'autres caractères plus ou moins nettement dessinés qu'il serait trop long de passer en revue ici. On peut se faire une idée de leur multiplicité en mettant en parallèle les animaux les plus faciles à étudier. Par cet examen, si superficiel qu'il soit, on saisit des différences capitales, même entre des espèces très voisines. Combien, par exemple, le naturel courageux et fier du lion ne se distingue-t-il pas du naturel défiant et rusé du renard, et du naturel lâche de l'hyène et du chacal? Quelle distance n'y a-t-il pas sous ce rapport entre la chèvre inconstante, capricieuse, et la brebis indolente, presque stupide ! Quel contraste entre le bœuf docile et le taureau fougueux et intraitable !

L'étude du caractère de nos animaux n'est pas sans importance pour ceux qui s'occupent de l'éducation de ces derniers. On peut, jusqu'à un certain point, le modifier, le changer même complétement, si l'on emploie avec art les moyens qui agissent le plus efficacement sur les brutes, c'est-à-dire les caresses, les récompenses, les corrections et les privations de toute espèce ; mais il faut façonner les animaux dès l'âge le plus tendre ; car il arrive un moment où ils prennent un pli qu'il est bien difficile de leur faire perdre.

Les passions et les sentiments, qui constituent les attributs du caractère, offrent parmi les animaux un grand nombre de nuances souvent difficiles à saisir et se manifestant à des degrés variables. Leur nature, leur point de départ et les liaisons qu'ils peuvent avoir avec les opérations instinctives ou intellectuelles, sont très difficiles à préciser. Les uns les regardent comme des affections de l'âme ; les autres,

comme des produits de l'intelligence; et plusieurs les considèrent, avec plus de vraisemblance, comme des manifestations de l'instinct : elles paraissent être des impressions ou des sensations centrales, plus ou moins vives, produites dans le système nerveux, et desquelles résultent des déterminations appropriées au but final de chacune d'elles. Parmi les principales de ces passions, on peut citer la peur, la colère, l'affection, la haine, la jalousie.

La peur, l'effroi, la terreur, sont des impressions pénibles que tous les animaux paraissent susceptibles d'éprouver, mais principalement ceux dont le caractère est timide, tels que le lièvre, le lapin, la plupart des rongeurs et des ruminants. La moindre cause suffit pour les faire naître chez ces animaux : le plus léger bruit, le cri d'un être vivant, la vue d'un objet extraordinaire, l'approche d'un ennemi, peuvent même les porter à leur plus haut degré d'intensité; mais elles s'exagèrent, surtout, lorsque les animaux sont menacés par leurs ennemis. Les oiseaux de basse-cour sont saisis d'effroi à la vue d'une fouine ou d'une belette. Tous les petits oiseaux éprouvent une vive frayeur à l'aspect d'une chouette, d'un épervier ou d'un autre oiseau de proie; les petits reptiles sont comme fascinés et paralysés à l'approche d'un serpent; le bœuf qui entend bourdonner autour de lui l'œstre sous-cutané est tellement effrayé, qu'il s'emporte, entraînant avec lui la voiture ou la charrue; le chien, le cheval, qui entendent, pour la première fois, le rugissement du lion, sont glacés d'effroi et restent sans force comme sans mouvement. La frayeur ressentie dans ces circonstances est purement instinctive et ne résulte point du sentiment que l'animal pourrait avoir du danger dont il est menacé, ainsi que Sénèque en avait fait la remarque. Elle se manifeste, du reste, sous l'influence de causes très diverses, sans que les animaux soient exposés à de grands dangers. La plupart d'entre eux, par exemple, craignent le bruit du tonnerre; les oiseaux, qui sont très impressionnables, s'effraient même lorsque le ciel se couvre de nuages et nous menace d'un orage : leur chant se modifie, leur vol, et plusieurs de leurs habitudes offrent alors certaines particularités qui traduisent les sensations qu'ils éprouvent. Les animaux domestiques craignent beaucoup la lumière, la lueur d'un incendie; aussi devient-il très difficile alors de les faire sortir des étables; il en est qui s'effarouchent même à l'aspect d'un objet brillant ou d'un morceau d'étoffe.

La peur portée à un certain degré, quelle qu'en soit du reste la cause, produit divers effets remarquables. Elle ôte aux animaux tous leurs moyens de défense, elle les paralyse souvent lorsqu'elle ne les excite pas à la fuite; elle concentre le sang à l'intérieur, modifie l'action du cœur, amène le refroidissement du corps, la sueur, l'émission des urines, la diarrhée, et donne lieu à divers phénomènes physiologiques variables suivant les espèces : un des plus curieux qu'on ait cités est celui de la calvitie (1) survenue en moins d'une semaine chez un porc noir effrayé des cris d'un autre porc châtré et enfermé dans une étable voisine.

La colère, à ses divers degrés, et la fureur se font sentir, même parmi les animaux les plus doux; elles sont excitées ordinairement par les contrariétés, les mauvais traitements, le rut, les tentatives faites pour enlever les petits qu'élève une femelle. La plupart des animaux carnassiers et beaucoup d'autres ne supportent point

(1) *Recueil de médecine vétérinaire*, 1849, p. 955.

sans entrer en fureur les contrariétés qu'on leur fait éprouver ou les coups qu'ils reçoivent : le lion, le sanglier blessé, le taureau, le chien qu'on essaie de châtier, la vipère qu'on irrite, deviennent plus ou moins dangereux. Un grand nombre de mâles, même parmi les espèces herbivores les plus paisibles, entrent dans de terribles accès au moment du rut, et se livrent entre eux des combats acharnés; quelques uns, le dromadaire, par exemple, deviennent alors très méchants pour leurs conducteurs; beaucoup de femelles paraissent également furieuses lorsqu'on cherche à leur soustraire leur progéniture. Il est cependant quelques animaux, tels que le lapin, le lièvre, le cochon d'Inde, le mouton, chez lesquels les supplices les plus barbares ne font pas naître le moindre sentiment de colère.

L'affection, l'attachement que certaines espèces, certains individus montrent à l'égard les uns des autres ou envers l'homme, est portée à un très haut degré chez quelques uns de nos animaux domestiques ; et, chose remarquable, cette passion y semble même aller plus loin que dans l'espèce humaine.

L'animal chez lequel l'affection se montre la plus vive est, sans contredit, le chien, déjà placé au sommet de l'échelle sous le rapport intellectuel. Tout le monde sait qu'il pousse l'attachement pour son maître jusqu'au dévouement le plus complet, jusqu'à l'abnégation la plus absolue. Ce sentiment n'a rien d'intéressé. Le chien aime également le malheureux qui lui fait partager son morceau de pain noir ou ses privations, et le riche qui l'entretient dans l'abondance; il aime encore celui qui le maltraite, et vient quelquefois lécher la main de l'expérimentateur qui le torture. Son attachement constant ne se dément jamais et peut survivre à une longue séparation. Tous les livres sont pleins d'exemples de ce genre.

Le chien s'attache aussi très fortement à d'autres animaux, et cela, sans nul motif d'intérêt. F. Cuvier (1) rapporte le fait suivant qui montre bien toute l'étendue de son affection dans cette circonstance : « Une lionne avait perdu le chien avec lequel elle avait été élevée, et, pour offrir toujours le même spectacle au public, on lui en donna un autre qu'aussitôt elle adopta. Elle n'avait pas paru souffrir de la perte de son compagnon; l'affection qu'elle avait pour lui était très faible; elle le supportait, elle supporta de même le second. Cette lionne mourut à son tour; alors le chien refusa de quitter la loge qu'il avait habitée avec elle ; sa tristesse s'accrut de plus en plus; le troisième jour, il ne voulut plus manger, et il mourut le septième. »

Le chat est loin de ressembler au chien sous ce rapport. Si quelquefois il paraît s'attacher à quelqu'un, c'est pour en retirer des caresses. Son affection apparente, toujours égoïste et intéressée, n'est jamais ni forte ni sincère.

Le cheval paraît affectionner la main qui le soigne et le caresse. Après un temps plus ou moins long, il semble montrer un certain attachement à son maître, hennit à son approche, et porte dans le regard, l'ensemble de la physionomie, quelque chose de caressant qui exprime sa reconnaissance. Mais en général, cette affection est bornée et peu durable. Il est susceptible aussi de s'attacher aux individus de son espèce ou d'une espèce différente avec lesquels il a l'habitude de vivre ou de travailler. L'âne lui ressemble sous ce rapport. Dugès cite un fait qui prouve que, de

(1) *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, 1825, t. XIII.

la part du dernier solipède, l'attachement peut aller assez loin : ce fait est celui d'un âne qu'on venait de dételer et qui ne voulut boire que lorsque son compagnon de travail fut débarrassé de ses harnais et mis à même de se désaltérer. Les troupeaux de mules ont, à leur tête, dans certaines parties de l'Amérique, un cheval hongre, pour lequel elles prennent un si grand attachement, qu'elles ne peuvent, d'après M. Roulin, souffrir d'en être longtemps séparées. Les femelles de ces animaux affectionnent aussi très vivement leurs petits. J'ai vu une jument qui avait pouliné à l'École, quitter avec peine la stalle où on laissait son petit ; elle se laissa cependant conduire, non sans difficulté, jusqu'à la grille de l'établissement ; mais arrivée là, elle refusa de faire un pas, se mit à se cabrer, et dans une chute à la renverse, se brisa l'occipital, et fut immédiatement après paralysée. Cette pauvre bête, presque mourante, fit un violent effort pour relever la tête, et se mit à hennir en apercevant son petit qu'on venait d'amener auprès d'elle.

Le bœuf montre aussi quelque affection pour son maître ou son gardien ; il s'attache également aux individus de son espèce avec lesquels il travaille. Quand on l'a privé du compagnon qui partage le poids du joug qu'ils portent ensemble, il devient triste, fait entendre des beuglements plaintifs et reste souvent sans appétit pendant plusieurs jours. La vache laissée à l'étable pendant que les bœufs sont conduits aux champs ne cesse de piétiner et de se livrer à une sorte de tic de l'ours, jusqu'au moment où elle voit arriver les animaux avec lesquels elle vit habituellement.

Les animaux sauvages, aussi bien que les domestiques, sont susceptibles de s'attacher, soit à l'homme, soit à d'autres animaux : l'éléphant montre souvent beaucoup d'affection pour son cornac ; le phoque s'attache à son gardien, s'amuse et vit en très bonne intelligence avec les chiens ; le loup si féroce, si perfide, témoigne parfois une grande affection aux personnes qui l'ont apprivoisé : tout le monde sait l'histoire de celui du connétable de Montmorency. J'ai déjà parlé de cet autre qui reconnut son maître, la nuit, après plusieurs années de séparation. Ce même animal, plusieurs fois rendu à ce maître qu'il aimait tant et plusieurs fois séparé de lui, perdait l'appétit, maigrissait sensiblement et tombait dans une tristesse profonde toutes les fois qu'il était forcé de s'en séparer. On a vu, d'après F. Cuvier, l'hyène, traitée avec douceur, venir comme le chien aux pieds de son maître lui demander des caresses et du pain. Cette affection est si profonde, qu'elle fait quelquefois mourir de tristesse les animaux séparés des personnes qu'ils aimaient.

La haine, le ressentiment, se remarquent encore assez souvent parmi les animaux, notamment ceux dont l'intelligence est assez étendue et la mémoire fidèle. Ces sentiments qui paraissent avoir quelque chose de réfléchi, sont très exaltés chez certaines espèces : le chat devenu vieux, le taureau, le coq, ont pour leurs rivaux une haine parfois implacable. Quelques uns conservent, pendant longtemps, avec le souvenir des mauvais traitements qu'ils ont reçus, le désir de s'en venger : tel le mulet qui garde, dit-on vulgairement, un coup de pied pour son maître.

L'affection ou la haine des animaux les uns pour les autres, quels qu'en soient, du reste, les motifs, ainsi que les rapports ou les dissemblances de caractères, les analogies ou les différences dans la manière de vivre, sont les causes d'où dérivent les sympathies et les antipathies entre les brutes.

Les animaux qui, par la nature de leurs instincts et de leurs besoins, sont portés

à faire la guerre à d'autres, ne peuvent vivre en bonne intelligence avec ces derniers ; il se manifeste entre les premiers et les seconds une antipathie plus ou moins prononcée, telle que celle qui existe entre les carnivores et les herbivores, entre la chouette et les petits oiseaux, les rapaces et les petits reptiles, la corneille et le chat-huant, le requin et une infinité de poissons. Non seulement elle est naturelle entre l'animal qui doit être la victime et celui qui est son ennemi, mais elle l'est encore, suivant l'observation d'Aristote (1), entre les animaux, fussent-ils de la même espèce, qui vivent dans les mêmes lieux et font usage d'une nourriture identique, si celle-ci n'est pas assez abondante. Elle se montre aussi, à un haut degré, entre des espèces qui, cependant, ne paraissent guère se nuire réciproquement, le chien et le chat, par exemple. Les anciens ont de beaucoup exagéré ces antipathies parmi certains animaux qui n'ont pas de raison d'être ennemis.

Les sympathies sont très marquées entre un grand nombre d'espèces, et portées à leur plus haut degré dans celles qui vivent en société. Elles paraissent fondées quelquefois sur des rapports dans les habitudes et sur des services réciproques. Les anciens auteurs ont tous rapporté à ce sujet un fait dont Geoffroy-Saint-Hilaire (2) a eu l'occasion de vérifier l'exactitude : c'est celui du *trochilus*, espèce de pluvier qui s'engage dans la bouche du crocodile pour manger les cousins et autres insectes qui s'attachent au palais du reptile. Le crocodile se garde bien de faire aucun mal à l'oiseau complaisant qui vient le débarrasser de parasites incommodes. Le caracal accompagne, dit-on, le lion à la chasse et lui fait découvrir le gibier ; et le lion en récompense lui abandonne une partie de sa proie. Le pilote, d'après le même naturaliste, dirige le requin vers les lieux où le poisson se trouve en abondance, et le requin féroce épargne son conducteur.

Indépendamment des sentiments que je viens d'examiner, les animaux en éprouvent encore d'autres sur lesquels il est inutile de s'arrêter. Un examen un peu attentif de leurs actions nous prouverait qu'ils ont l'analogue de la plupart des passions humaines, ainsi qu'Aristote (3) l'a dit avec beaucoup de justesse. Il y a chez eux, en effet, de l'amitié, de la haine, du courage, de la lâcheté, de la perfidie, de la douceur, de la rudesse, de l'émulation, de la jalousie, de l'ambition, etc. Buffon lui-même, si injuste envers les animaux, n'a pu s'empêcher d'en convenir, jusqu'à leur attribuer celles qu'ils n'ont pas : telles que la magnanimité, la fierté, le dédain, etc. Ces divers sentiments sont susceptibles de se modifier beaucoup par l'influence de l'âge, de la domesticité et de l'éducation.

VI. DE L'INFLUENCE DE LA DOMESTICITÉ SUR LES INSTINCTS, L'INTELLIGENCE ET LE CARACTÈRE.

L'état des animaux soumis à la domesticité est un état artificiel qui ne dérive pas exclusivement de la puissance de l'homme sur la brute, comme le pensaient les anciens naturalistes, mais qui dépend, en très grande partie, de l'instinct de socia-

(1) *Histoire des animaux*, liv. IX, p. 535 et suiv.
(2) *Annales du Muséum*, 1807, t. IX, p. 373 et suiv. ; même tome, p. 469.
(3) Liv. IX, p. 533, trad. Camus.

bilité propre à certaines espèces vivant en troupes plus ou moins nombreuses. Il a exercé sur le caractère et les diverses facultés animales une influence si profonde, qu'il les a quelquefois rendues méconnaissables.

Tous les animaux actuellement domestiques sont, suivant la judicieuse remarque de F. Cuvier, des animaux sociables qui certainement vivaient en société avant l'époque à laquelle l'homme se les asservit pour en faire les instruments de ses besoins et de ses plaisirs.

En effet, toutes les espèces de bœufs qui vivent de nos jours à l'état sauvage : le bison dans le nord de l'Amérique, le buffle dans l'Inde et l'île de Ceylan, l'yach sur les montagnes du Thibet et du centre de l'Asie, se rassemblent en sociétés ; les chevaux devenus sauvages dans les steppes du nouveau monde, ceux de l'Arabie, les ânes sauvages, le mouflon, souche présumée de nos races ovines, le chien, dans les pays du Nord, et le lapin sous plusieurs latitudes, vivent également en troupes nombreuses. Toutes celles qui sont domestiques à demi ou apprivoisées, le chameau, l'éléphant, rentrent dans la même catégorie. Enfin, celles qu'on cherche à *domestiquer*, le lama, l'alpaca, l'hémione, sont aussi des espèces éminemment sociables. Bien d'autres encore qu'on pourrait soumettre aux mêmes essais se réduiraient aussi facilement à l'état de servitude, n'était la difficulté de les acclimater.

Il n'est pas d'exception à cette loi générale, même parmi les oiseaux : nos gallinacés, la poule, la pintade, le dindon, le paon ; nos palmipèdes, l'oie, le canard, sont des oiseaux très sociables. Qui ne sait que les oies et les canards sauvages ne paraissent dans nos pays qu'en troupes plus ou moins considérables.

Cependant un de nos animaux domestiques semble la contredire. Le chat est une espèce qui, comme toutes celles du genre *felis*, est essentiellement solitaire, et malgré son instinct si diamétralement opposé à la sociabilité, il est devenu domestique. Ce n'est là, pourtant, qu'une exception apparente : le chat n'est pas domestique au même titre que les autres espèces ; il habite nos maisons sans s'attacher à leurs maîtres ; il aime le foyer, sans tenir à la société de l'homme ; il reçoit les caresses et la nourriture de notre main sans nous en témoigner la moindre affection, la moindre reconnaissance.

Voilà donc une première proposition bien établie : la sociabilité est la condition préliminaire, indispensable de la domesticité. Mais par quels moyens l'homme, profitant de l'instinct qui porte les animaux à vivre en société, a-t-il pu se les asservir ? Comment ses moyens ont-ils agi ? et quelles sont les modifications que la domesticité a fait éprouver aux instincts, à l'intelligence et aux diverses facultés des animaux ? Telles sont les questions qu'il faut successivement examiner.

Avant d'aller plus loin, on se demande naturellement si les espèces essentiellement domestiques ont été primitivement libres et sauvages, comme toutes celles qui peuplent la surface du globe, ou si ces mêmes espèces ont été domestiques dès le principe et mises ainsi sous la main de l'homme, qui dès lors, n'avait plus qu'à s'en servir. Des hommes de mérite, considérant que la plupart des espèces domestiques n'ont pas d'individus sauvages, ont pensé que ces espèces avaient été créées avec l'homme et s'étaient trouvées dès l'origine soumises à son empire. Ainsi ont-ils dit : Il n'y a plus de chiens sauvages, sinon ceux qui ont été abandonnés ; il n'y a

plus de bœufs, plus de moutons sauvages; les chevaux des steppes de l'Amérique y ont été abandonnés lors de la conquête de ce pays ; ceux de l'Arabie, tout à fait libres, sont peu nombreux et proviennent peut-être d'individus autrefois domestiques. Cette manière de voir a certainement quelque apparence de vérité, mais elle ne supporte pas un examen approfondi. De ce qu'on ne trouve plus à l'état sauvage des individus appartenant à des espèces domestiques, s'ensuit-il que ces espèces n'aient jamais vécu à l'état de liberté ? Ne peut-on pas admettre que ces espèces se sont données entièrement à l'homme, ou que les individus restés sauvages ont fini par s'éteindre à mesure que leurs conditions d'existence sont devenues difficiles ou impossibles. Tout le monde sait qu'il y avait dans les forêts de la Germanie des bœufs tout à fait libres lors des guerres de Jules César; ils ont disparu depuis longtemps par les mêmes causes qui avaient fait disparaître, à une époque plus reculée, les animaux qui avaient conservé leur liberté. Si la domesticité était l'état primitif et initial des animaux maintenant soumis à l'homme, pourquoi ne se trouveraient-ils pas partout où l'homme se trouve ? Or, a-t-on jamais rencontré, dans aucune partie de la terre, des peuplades sauvages avec des animaux domestiques? Non; partout où l'homme n'est pas civilisé, les animaux qui l'entourent sont libres et sauvages comme lui. Ce n'est qu'à compter du moment où il devient industrieux, qu'il emploie tout d'abord son industrie à se créer des auxiliaires et des serviteurs en soumettant à son pouvoir les espèces qui l'entourent. Celles-ci ne viennent pas ramper à ses pieds, courber la tête sous le joug; elles le fuient, au contraire ; il faut qu'il les attire, qu'il s'en empare, qu'il les entoure de soins et de caresses, et quelquefois même qu'il les retienne et s'en fasse obéir par la force et la crainte ; il faut qu'il travaille constamment à affaiblir le sentiment de leur indépendance, et encore n'y parvient-il qu'avec peine et souvent à demi, tant ce sentiment est inhérent à leur nature. Ce sentiment, à lui seul, du reste, suffirait pour ruiner l'idée d'un animal créé domestique, si l'esprit pouvait la concevoir. Il est si profondément enraciné, que des milliers d'années de servitude n'ont pu le détruire. Non seulement il se montre dans toute sa force chez les chevaux à demi sauvages qui vivent dans certains haras de la Hongrie, mais encore sur ceux qui ont toujours vécu en domesticité et qui cherchent à fuir leurs maîtres aussitôt qu'ils aperçoivent des individus libres. Tous les animaux, enfin, par l'habitude qu'ils ont de s'éloigner de l'homme, de le fuir, quand ils le peuvent, nous prouvent assez qu'ils étaient primitivement libres et antipathiques à la domesticité.

Si donc les animaux qui sont maintenant nos esclaves étaient libres à l'origine et doués d'instincts qui les portaient à la vie sauvage et leur faisaient préférer même cette existence à la vie domestique, comment l'homme est-il parvenu, en modifiant leurs tendances naturelles, à les réduire en servitude?

L'animal le plus sociable craint la vue de l'homme et le fuit ; il n'a donc pas de propension à se rapprocher de lui. Comment celui-ci parviendra-t-il à vaincre cette répulsion instinctive de la brute pour un maître qui doit devenir un tyran? Par deux moyens : la séduction ou la force. D'abord, il l'attirera, dit F. Cuvier (1), puisqu'il

(1) *Essai sur la domesticité des mammifères*, etc. (*Mémoires du Muséum*, 1825, t. XIII, p. 405 et suiv.).

n'est point porté à se rapprocher de nous; il se le rendra familier par la confiance, que les bienfaits seuls sont propres à faire naître ; il l'entourera de soins, lui prodiguera des caresses, donnera satisfaction à tous ses besoins, en fera même naître de nouveaux pour s'empresser de les satisfaire. Ainsi, par la faim, il affaiblira l'animal, et dès qu'il lui donnera de quoi apaiser cette sensation, il s'attirera sa reconnaissance et lui inspirera le sentiment de la nécessité de nos secours ; alors une nourriture choisie et quelques friandises auront la plus heureuse influence. Par des caresses, il le rendra plus doux et plus traitable, car bien que les animaux n'en demandent point aux individus de leur espèce, plusieurs d'entre eux, les carnassiers notamment, y sont très sensibles. Une fois qu'il aura obtenu la confiance de l'animal et établi entre lui et ce dernier une sorte de familiarité, l'esclave sentira que la protection du maître lui est indispensable. A ce moment, il pourra être utile d'achever par la force ce qui a été commencé par la douceur.

Si ces premiers moyens sont insuffisants, et ils le sont presque toujours, à l'égard des animaux jeunes, vigoureux, méchants ou rétifs, il emploiera des privations prolongées, les veilles forcées, le travail pénible, les coups, la castration, etc. Les châtiments ne doivent leur être infligés que dans de certaines limites, car ils les exaspèrent, et leur inspirent le désir de la vengeance. La castration est un moyen puissant qui seul peut assouplir le naturel du taureau et de certains chevaux très méchants. « L'homme n'arrive donc, dit M. Flourens(1), à soumettre l'animal que par adresse, par séduction. Il excite les besoins de l'animal pour se donner, si l'on peut ainsi dire, le mérite de les satisfaire ; il fait naître des besoins nouveaux ; il se rend peu à peu nécessaire par ses bienfaits, et quand il en est venu là, il emploie la contrainte et les châtiments, mais il ne les emploie qu'alors ; car s'il eût commencé par les châtiments, il n'aurait pas amené la confiance, et il ne les emploie qu'avec mesure, car les deux effets les plus sûrs de toute violence sont la révolte et la haine. »

Ce sont encore ces mêmes moyens qu'il met en usage pour adoucir, au moins momentanément, le caractère revêche et emporté de certains individus. Il est très probable que, dans le principe, il ne s'est pas attaqué aux individus adultes jouissant de toute la plénitude de leurs forces et de leurs facultés. Il a sans doute fait ce qu'il répète aujourd'hui quand il veut dompter des sujets élevés en liberté ou apprivoiser des espèces sauvages, c'est-à-dire, pris des animaux jeunes, faibles, qu'il a protégés, abrités, entourés de soins, comblés de caresses pour leur faire aimer une domination qu'il devait plus tard transformer en une dure servitude.

Lorsque les animaux sont devenus domestiques, grâce à leur instinct de sociabilité, cet instinct a-t-il été modifié, perverti? et dans l'affirmative, quelles sont les altérations qu'il a subies? D'abord il n'a pas été anéanti, mille faits le prouvent avec la dernière évidence ; il a été seulement un peu détourné de son véritable objet. A l'état sauvage, il porte l'animal à se rapprocher de ses semblables, à vivre avec eux, et fait que tous les membres de la société se soumettent à un chef qui s'est imposé par la force, la confiance ou tout autre moyen. A l'état de domesticité, il en est à peu près de même. L'homme, en s'asservissant certains animaux, est devenu en quelque sorte un chef d'association, auquel tous les individus sont venus obéir

(1) Ouvrage cité, p. 79.

comme ils auraient obéi à un des leurs qui se serait imposé de la même façon.

La domesticité a donc profité des instincts des animaux sociables ; elle les a développés, perfectionnés dans le sens des intérêts de l'homme, mais elle n'en a pas créé de nouveaux ; son influence, jusqu'alors si puissante, s'est arrêtée là. Toutefois, si elle n'a pu faire naître des instincts nouveaux, elle a réussi à annihiler, à étouffer ceux qui contrariaient nos vues et ceux qui étaient de nature à nuire aux services que nous devions attendre de ces animaux. Elle a surtout exercé une influence profonde sur les instincts de conservation. En mettant l'individu dans des circonstances tout à fait différentes de celles où ils peuvent naturellement se trouver, l'homme est devenu la providence de cet être qu'il rendait esclave : il s'est chargé de le protéger, de le nourrir et d'éloigner de lui tout ce qui pouvait être nuisible. Cet instinct s'est en quelque sorte éteint faute d'occasions de s'exercer ; cependant il ne s'est pas anéanti, et on le voit reprendre une grande force lorsque les animaux sont exposés à des dangers ou excités par des ennemis. La domesticité a eu moins d'action sur les instincts reproducteurs, et l'on conçoit qu'ils ne pouvaient s'affaiblir sans que la conservation des espèces ne fût compromise. Ils sont restés intacts avec toute leur énergie ; c'est même à cause de cela que les mâles, dans l'espèce du bœuf et du cheval, sont si indociles et si difficiles à assouplir.

La domesticité a mis à profit l'instinct du chien pour la chasse, celui du chat pour la guerre aux ennemis de nos habitations. Elle a perverti l'instinct de certaines espèces, pour la production de mulets ; elle a réduit presque à rien l'instinct de conservation chez la brebis et en a fait un être incapable, sans les soins assidus qu'il reçoit, de pourvoir à sa subsistance.

Toutes les espèces ne se sont pas montrées également souples à son action ; toutes n'ont pas été aussi profondément modifiées, ni transformées de la même manière. Il en est qui ont été à peine changées et qui sont passées à la servitude, en conservant presque toutes les qualités et les aptitudes qu'elles possédaient primitivement. D'autres ont été métamorphosées, aussi bien sous le rapport des formes extérieures que sous celui des aptitudes et des facultés intellectuelles, cela au point de devenir méconnaissables.

Le chat s'est conservé domestique ce qu'il était sauvage, du moins autant qu'on peut en juger en comparant ceux qui vivent dans nos maisons à ceux qu'on trouve quelquefois dans les forêts ; son instinct de destruction s'est un peu affaibli, à mesure que par un régime mixte et des aliments végétaux, son intestin s'est dilaté et allongé. Cette modification de l'instinct destructeur s'est surtout fait sentir chez les races entretenues seulement pour la beauté de leur pelage. Pendant sa jeunesse, il est plein de douceur et très sensible aux caresses ; plus tard, il reprend son naturel sauvage et revient à ses mœurs solitaires. Là s'est bornée, pour lui, l'influence de la domesticité.

Le lapin, dont l'intelligence est si obtuse, a été encore moins modifié. N'est-il pas dans nos habitations comme au milieu des champs ? Dans le premier cas, il craint moins peut-être la vue de l'homme, mais il reste toujours excessivement timide ; la protection que lui offre son petit logement ne le rassure pas. Dominé par son instinct, il cherche à se creuser un terrier comme s'il vivait sans abri, en rase campagne.

Le porc et la chèvre n'ont été guère moins rebelles, bien qu'ils fussent plus in-

telligents. Leur naturel s'est conservé à peu près intact; leurs penchants, leur caractère se sont à peine altérés. Pour le premier, ce sont toujours les mêmes habitudes de remuer la terre, les mêmes tendances à se vautrer dans la fange ; pour la seconde, c'est toujours le même caractère sauvage, capricieux, le même amour d'indépendance. Peut-être aurait-il été possible de les modifier plus profondément; mais l'homme, qui était à même d'en tirer tout le parti possible, en les abandonnant aux habitudes et aux instincts de l'état sauvage, n'a pas cherché à les rendre différents. Aussi à quoi bon faire des efforts pour civiliser un pachyderme entretenu dans la seule vue d'en tirer de la viande, ou un ruminant qui ne doit donner pour tout produit qu'un peu de lait.

La brebis devait se trouver dans le même cas. Par quelle cause singulière s'est-elle si profondément modifiée? Pourquoi les instincts si inhérents à la brute et les plus tenaces chez tous les animaux ont ils été étouffés en elle? L'instinct de reproduction seul lui est resté, et il ne pouvait s'anéantir, car son anéantissement entraînait celui de l'espèce. Ordinairement, quand les autres animaux perdaient quelque chose de la perfection des instincts, ils gagnaient, par compensation, un surcroît d'intelligence ; mais celui-ci a encore fait exception : il a perdu presque tout d'un côté, sans rien gagner de l'autre. En un mot, la brebis s'est complétement dénaturée en devenant aussi stupide qu'il est possible à une brute de le devenir.

Il y avait peu à attendre des modifications à faire subir aux animaux dont je viens de parler, mais il restait d'autres espèces dont l'homme pouvait espérer des services et plus importants, et plus variés. Il a pris à tâche de modeler ces derniers, selon les produits et les services qu'il désirait en obtenir. Pour arriver à ce but, il a usé toutes les ressources qui se trouvaient à sa disposition et mis en jeu tous les ressorts de sa patience ; par là, il a pu opérer des transformations profondes et souvent imprévues. Toutefois, ici, comme dans le premier cas, il a trouvé plus ou moins de difficultés, plus ou moins de résistances à vaincre. Lorsqu'il avait affaire à des natures souples et intelligentes, son action était profonde et facile, mais elle était moins sensible lorsqu'elle s'exerçait sur des espèces moins intelligentes.

Le chien est, entre tous, celui qui s'est métamorphosé le plus complétement ; véritable protée, il a pris vingt formes différentes pour servir le maître dont il pouvait se passer et qu'il a bien voulu accepter. Sous la main du berger, il s'est constitué le chef du troupeau qu'il a appris à diriger ; sous celle du chasseur, il s'est plié à poursuivre le gibier, à l'arrêter ou à le prendre ; sous celle du religieux, il s'est habitué à chercher et à découvrir les malheureux ensevelis dans la neige ; entre les mains du jongleur, il s'est façonné à la pantomime ; entre celles de l'aveugle, il est devenu un guide intelligent. A la porte de la basse-cour, il s'est fait gardien vigilant et fidèle. Pour le voyageur, il est devenu un défenseur plein de dévouement et de courage. Partout, enfin, où l'on avait besoin de lui, il s'est approprié au service que l'on pouvait en désirer. Il s'est multiplié lui-même, il s'est divisé en autant de races plus différentes les unes des autres que beaucoup d'espèces voisines ne diffèrent entre elles. En un mot, il s'est donné tout entier à l'homme : aucun individu n'est resté à l'état sauvage, si ce n'est ceux qu'on a abandonnés ; il a suivi l'homme sous toutes les latitudes, sous les climats les plus divers ; il s'est civilisé là où ses maîtres étaient civilisés, il est resté sauvage là où ils étaient barbares.

Le cheval est, après le chien, l'animal domestique le plus modifié, quoique infiniment moins que ce dernier. Ce *solipède* s'est montré souple et maniable sans perdre son intelligence. Il s'est, en quelque sorte, associé à la vie de l'Arabe et du Bédouin nomades ; il s'est habitué à vivre à la porte de leur tente, à partager la course vagabonde de son maître, à se contenter d'une nourriture qui paraît si peu en rapport avec son organisation. Par les leçons de l'écuyer, son intelligence et ses facultés d'imitation se sont singulièrement développées, tandis qu'il est resté grossier et lourd avec l'habitant des campagnes, sauvage et capricieux dans le haras où on lui a rendu presque toute sa liberté. Enfin, il s'est plié à mille services, à la chasse, à la course, à la guerre, au manége, et, pour chasser, il a dû recevoir une éducation spéciale à laquelle le rendait si propre son intelligence.

Le bœuf et l'âne sont allés moins loin que le cheval ; ils sont, plus que les autres, restés ce que les avait faits la nature, au moins sous le rapport intellectuel. Les services qu'on en exige mettant plus à contribution leurs forces physiques que leur intelligence, il en est résulté que l'un de ces animaux s'est perfectionné pour le travail, et l'autre à la fois pour le travail et la production, de telle sorte que l'homme, n'ayant presque rien demandé à leur intelligence, n'en a rien obtenu. Ce résultat, très remarquable, nous montre, pour le dire en passant, que l'homme peut modifier profondément un animal sous certains rapports, tout en le conservant intact pour le reste ; qu'ainsi ce dernier peut être complétement changé en ce qui regarde la forme, l'aptitude au travail et à la production du lait, bien que, du côté des aptitudes instinctives et intellectuelles, il n'ait pas éprouvé de véritables altérations. Et, en effet, on conçoit que ces choses si différentes, et qui n'ont rien de commun entre elles, puissent être modifiées les unes sans les autres.

Quand l'homme fut arrivé, à force de patience et d'adresse, à changer le naturel sauvage de l'individu qu'il voulait s'asservir, sa tâche était encore loin d'être accomplie. Fût-il parvenu à faire de l'animal le plus intraitable l'esclave le plus docile, que sa peine eût été bientôt inutile si l'individu modifié n'eût conservé la faculté de se reproduire et acquis celle de transmettre à ses descendants les modifications qu'il avait éprouvées. La domesticité devenait donc le résultat des trois conditions suivantes : 1° faculté pour les individus d'être apprivoisés ; 2° fécondité de ces individus ; 3° transmissibilité des modifications acquises par les individus apprivoisés à leurs descendants. Sans elles, la domesticité ne pouvait s'achever.

Lorsque l'une fait défaut, le but n'est pas atteint : l'homme réduit à la domesticité un individu et non l'espèce, et par suite, il est obligé de recommencer successivement pour chacun en particulier ce qu'il a fait pour le premier. Cette sorte de domesticité bornée à l'individu et non transmissible, est ce qu'on appelle l'*apprivoisement*.

C'est encore parmi les animaux sociables que nous trouvons le plus d'espèces susceptibles d'être apprivoisées. La plupart des singes sont dans ce cas : quelques uns sont utilisés à la cueillette des fruits dans l'île de Sumatra, et une infinité apprennent à obéir et à exécuter différents excercices au commandement de leur maître, mais encore ils n'obéissent que par contrainte ; et, comme le dit F. Cuvier, « où est nécessairement la force, n'est point encore la domesticité. » Les pachydermes, les solipèdes, les rongeurs tels que les lapins, les damans, les pécaris, les

zèbres, l'hémione, qui vivent généralement en troupes, s'apprivoisent très facilement. Quelques uns sont susceptibles de montrer dans cet état beaucoup de souplesse, de docilité : ils reconnaissent les personnes qui les soignent et peuvent s'y attacher très fortement.

Plusieurs animaux solitaires sont également susceptibles d'être apprivoisés, le loup, l'ours et même les carnassiers les plus féroces. Ils peuvent, alors, quand leur naturel est adouci, recevoir une éducation plus ou moins complète, et d'autant plus facilement qu'ils sont plus intelligents. Tout le monde connaît les exercices auxquels se plie l'ours, soit par la contrainte, soit par l'appât d'une récompense. On obtiendrait peut-être quelque chose d'analogue du loup, si l'on ne craignait ses brusques retours vers son naturel féroce. Du moins, pourrait-on en espérer quelque attachement comme l'individu dont j'ai parlé précédemment nous en fournit la preuve. Mais, chez lui, la tendance à l'imitation est moins prononcée que chez l'ours, bien que certains exemples semblent prouver le contraire, tel que celui rapporté par Dugès, d'une louve qui avait appris à aboyer avec des chiens.

Ces animaux si sauvages, si peu susceptibles d'affection pour l'homme, du moins en apparence, sont néanmoins très accessibles aux bienfaits ; ils peuvent même montrer pour les personnes qui les traitent avec douceur beaucoup d'affection et de reconnaissance, et, chose remarquable, il n'y a jamais rien d'équivoque dans les témoignages de leur affection, tandis qu'il n'en est pas de même d'une infinité d'animaux. « Cent fois, dit F. Cuvier (1), l'apparente douceur d'un singe a été suivie d'une trahison; presque jamais les signes extérieurs d'un carnasssier n'ont été trompeurs : s'il est disposé à nuire, tout dans son geste et son regard l'annoncera, et il en sera de même si c'est un bon sentiment qui l'anime. »

Les oiseaux, comme les mammifères, sont susceptibles d'être apprivoisés. Un très grand nombre d'oiseaux, entretenus dans des cages, nous prouvent la facilité de cette espèce de servitude. Dans cet état, ils conservent leurs instincts d'imitation. Plusieurs d'entre eux apprennent et retiennent des airs fort compliqués ; quelques uns vont même jusqu'à répéter des phrases entières en imitant la voix humaine.

L'apprivoisement est donc un état différent de la domesticité vers laquelle il ne conduit pas toujours ; c'est une domesticité individuelle qui ne peut s'étendre à l'espèce par le fait de la stérilité des animaux apprivoisés et de la non-transmissibilité des dispositions acquises, à supposer que, par exception, l'aptitude à la reproduction soit conservée.

On voit donc, par ce qui précède, que l'homme a exercé une influence très profonde sur les facultés des animaux domestiques, et une autre très sensible sur celles des espèces apprivoisées et même des espèces sauvages qui vivent dans son voisinage.

En effet, il a presque étouffé dans les animaux le sentiment de l'indépendance; il a modifié leur caractère, développé leur intelligence. Par ses rapports avec eux, il leur a fait acquérir, comme le disait Hartley, plus de sagacité qu'ils n'en auraient acquis naturellement. Il a perverti les instincts reproducteurs, qui sont si vivaces, et souvent affaibli les instincts de conservation; il a quelquefois

(1) *De la domesticité des mammifères* (*Mém. du Muséum d'hist. nat.*, 1825, t. XIII).

fait naître des aptitudes nouvelles qui ont pris les caractères des facultés instinctives. Son action a laissé sur chaque espèce et sur chaque race une empreinte particulière qui ne peut s'effacer qu'avec le retour à l'état sauvage. Enfin, il a d'autant plus modifié ses esclaves qu'il s'était plus perfectionné lui-même, de telle sorte qu'on peut dire, avec F. Cuvier, qu'il est possible de juger de la civilisation d'un peuple ou d'une de ses classes par les mœurs des animaux qui lui sont associés. C'est ainsi, par exemple, que le chien est resté très courageux et enclin à la rapine avec l'habitant de la Nouvelle-Hollande, de la Laponie et de l'Islande, tandis qu'il a pris un naturel si différent et si hétérogène chez les autres nations.

Il a agi encore sur les espèces sauvages qui vivaient près de lui. Déjà, nous avons vu que le loup, le renard des localités où on leur fait la guerre sont plus rusés, plus défiants et plus expérimentés que ceux des pays où ils jouissent d'une parfaite sécurité. Le lion, dans les contrées où l'homme exerce son empire, n'a ni la fierté, ni l'audace du lion qui habite les déserts au milieu desquels il peut exercer impunément ses ravages. Le phoque qui vit dans les parages où il est souvent inquiété est bien plus défiant que dans ceux où on ne lui fait point la guerre. Les lapins qu'on expulse habituellement de leurs retraites souterraines finissent, après un certain temps, par ne plus se creuser de terriers et vivre en rase campagne. Les castors, qui construisent des digues et de vastes habitations lorsqu'ils se rassemblent en troupes nombreuses dans des lieux paisibles, se disposent à peine d'étroites tanières lorsqu'ils sont dans l'isolement et souvent chassés par l'homme. Le crocodile, que l'Égyptien respecte, a le caractère adouci par les bons traitements qu'il reçoit (1). La corneille mantelée (2), qui, en Europe, fuit de très loin dès qu'elle aperçoit quelqu'un, est bien moins craintive sur les bords du Nil, puisqu'elle vient se reposer sur la charrue, pendant que le laboureur trace son sillon. Cette influence, si remarquable de l'homme sur les facultés de la brute, s'étend encore sur les animaux inférieurs dont les opérations sont naturellement si invariables. Les abeilles, par exemple, se rassemblent au bruit d'un instrument d'airain ; leurs essaims se dispersent ou se réunissent par l'action de soins étrangers ; parfois, elles modifient leur travail si l'on vient à les mettre dans des conditions inusitées : ainsi les abeilles que Réaumur avait placées sous un panier de verre, afin de les voir travailler, eurent bientôt tapissé leur transparente demeure d'une épaisse couche de cire.

Quelque profondes qu'aient été les modifications apportées au naturel des animaux domestiques, elles ne sont pas arrivées au point d'effacer complétement les dispositions primitives. Celles-ci ont même conservé une tendance très marquée à reprendre leur empire dans plusieurs circonstances. Tout le monde sait qu'il n'est pas rare de voir, dans les contrées où vivent des chevaux et des bœufs sauvages, quelques individus domestiques échapper à la surveillance de leurs conducteurs et venir rejoindre les troupes demeurées indépendantes. Les animaux de l'ancien continent qui furent abandonnés en Amérique lors de la découverte de ce pays y ont recouvré leurs aptitudes primitives : le porc y est redevenu féroce comme le sanglier ; le cheval y a repris l'habitude de vivre en troupes conduites par un chef, qui

(1) Aristote, liv. IX, p. 537.
(2) Geoffroy-Saint-Hilaire, *Annales du Muséum*, t. 1807, IX.

fuient à l'approche de l'homme ; le chien y a perdu l'habitude d'aboyer et acquis une aptitude toute spéciale à la chasse ; il est devenu assez hardi pour faire la guerre aux chèvres et aux phoques dont il se nourrit ordinairement. Mais le mouton n'a nulle part cherché à se soustraire à la domination humaine (1).

VII. DES MOYENS D'APPRÉCIER L'INTELLIGENCE ET LE CARACTÈRE.

Bien que l'intelligence et les instincts soient le résultat des opérations les plus insaisissables du système nerveux, on a cherché à les apprécier ou à les mesurer, d'une manière relative, dans les divers individus d'une même espèce et dans les divers animaux supérieurs. Deux méthodes se sont présentées pour tenter cette détermination. La première consiste à s'assurer, par l'observation attentive des actions d'un animal, de l'étendue de ses facultés, afin de pouvoir le mettre en parallèle avec les autres et lui assigner la place qui lui convient dans l'échelle intellectuelle. La seconde se réduit à trouver les caractères extérieurs à l'aide desquels on puisse juger du développement relatif des facultés psychologiques. L'une de ces méthodes est sûre, mais très longue : l'esprit humain, qui aime les voies qui mènent vite au but, lui a préféré l'autre qui est plus expéditive, mais bien moins certaine.

Puisque l'encéphale est considéré comme l'organe de l'intelligence, on a été tout naturellement porté à penser que son développement et sa complication pourraient donner la mesure des facultés de chaque animal, et par conséquent, on a cherché des moyens qui permissent de juger facilement du volume et de la perfection de cette partie. Or, ce moyen se trouve pour Camper dans l'*angle facial ;* pour Daubenton dans la position du trou occipital; pour Cuvier dans le rapport des aires du crâne et de la face ; enfin, pour Gall et les phrénologistes, dans la saillie plus ou moins prononcée de telle ou telle partie du crâne.

C'est donc sur ce principe regardé comme incontestable, que le volume de l'encéphale est en rapport avec l'étendue de l'intelligence, que sont fondés les procédés d'appréciation dont je viens de parler. Cependant ce principe est loin d'être bien démontré. En effet, on admet d'abord, ce qui est, du reste, parfaitement établi, que l'encéphale est le siége de l'intelligence. Mais cet organe se compose de plusieurs parties, dont quelques unes seulement, les hémisphères cérébraux, servent à cette fin, tandis que les autres n'y servent point et sont préposées à des fonctions différentes. Le volume de l'encéphale, pris en masse, ne peut donner qu'une base incertaine, et celui du cerveau isolé ne peut non plus, ainsi qu'il a été exposé précédemment (p. 73), fournir un élément d'appréciation rigoureuse. En second lieu, on admet que l'action du cerveau et l'étendue de ses opérations sont en rapport avec son volume et sa complication anatomique. Sans doute, il en est ainsi quand on compare les animaux d'une classe, d'un ordre, d'une famille, à ceux d'une autre classe ou d'une autre famille, mais il n'en est plus tout à fait de même quand on se borne à comparer entre eux des animaux de même espèce ou d'espèces très voisines. Pour plusieurs autres organes, il n'y a pas, non plus, une proportion exacte entre

(1) Voir les *Recherches sur quelques changements observés dans les animaux domestiques transportés de l'ancien dans le nouveau continent*, par M. Roulin (*Mémoires des savants étrangers*, 1835, t. VI, p. 319).

leur volume et leur activité. Le produit d'une glande, par exemple, n'est pas toujours en rapport avec son poids ; l'énergie d'un muscle n'est pas dans une relation rigoureuse avec son volume. Il n'est pas étonnant que le cerveau se trouve dans le même cas, et, puisqu'on voit souvent un homme à capacité ordinaire ou un imbécile avoir un cerveau plus grand que celui d'un homme d'esprit, pourquoi l'analogue ne s'observerait-il pas parmi les animaux ?

Du reste, en supposant, pour un instant, que le développement du cerveau coïncide avec une activité proportionnelle, croit-on qu'il soit possible d'apprécier exactement le volume relatif de cet organe par l'angle facial, le rapport entre les aires du crâne et celle de la face, etc. ? Non certainement ; et c'est, cependant, sur des bases d'une telle valeur que reposent les procédés divers dont nous allons dire quelques mots. Évidemment, ils ne peuvent fournir que des appréciations trop vagues pour tenir lieu des données qu'il faut demander à l'observation directe.

Angle facial. — On appelle ainsi un angle formé par deux lignes dont l'une passe par l'hiatus auditif externe et arrive au niveau du plancher des fosses nasales, et dont l'autre, tangente à la partie la plus saillante du front, vient rejoindre la première au-dessus de la racine des dents incisives. C'est, du moins, de cette manière que l'a établi P. Camper (1).

Il est très facile à déterminer, d'après ces bases, dans les diverses races humaines, mais il devient déjà difficilement réalisable dans les singes, et bien plus encore dans la plupart des animaux, à cause de la difficulté qu'on éprouve à placer exactement le point d'intersection des deux lignes, c'est-à-dire le sommet de l'angle. Aussi me paraît-il beaucoup plus convenable de placer ce sommet dans un point invariable qui est l'extrémité inférieure des intermaxillaires à la sortie des dents incisives. Si celles-ci manquent, comme dans la plupart des ruminants, ce sommet n'est nullement déplacé. L'angle, ainsi modifié, est quelquefois à peu près égal à celui de Camper ; mais, le plus souvent, il se trouve inscrit dans ce dernier, auquel il est inférieur de quelques degrés.

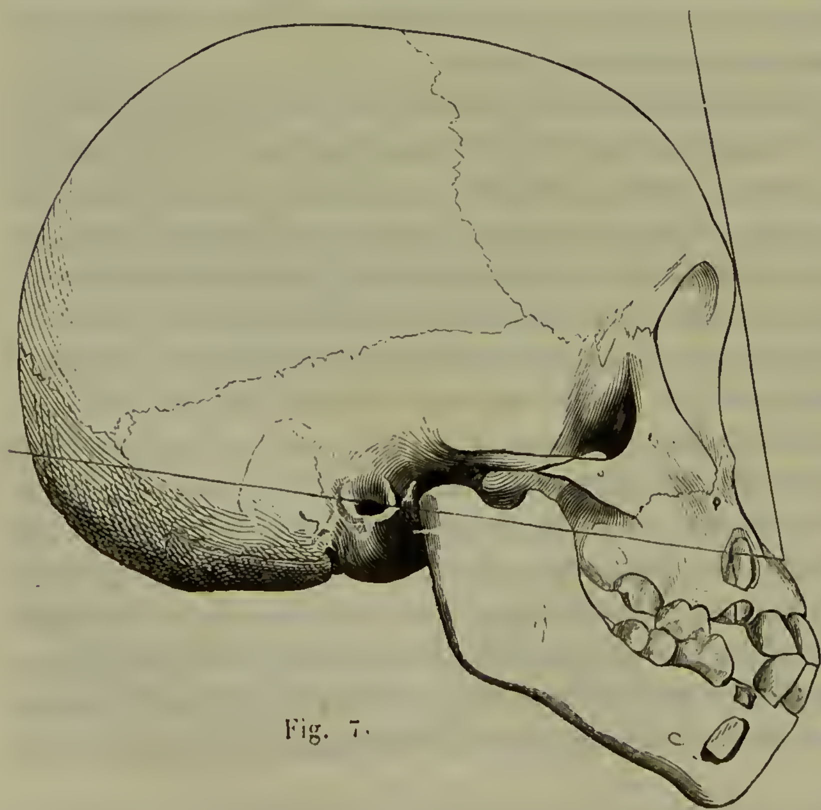


Fig. 7.

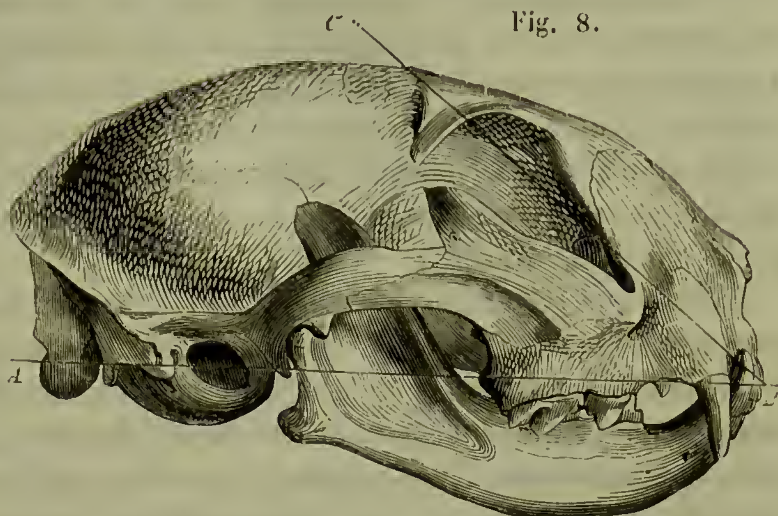
La figure 7 donne

(1) *Dissertation physique sur les différences réelles que présentent les traits du visage*, etc., par P. Camper. Utrecht, 1791, p. 34 et suiv.

l'angle, d'après la méthode de Camper, tracé sur une tête de jeune chimpanzé (*Simia Troglodites*).

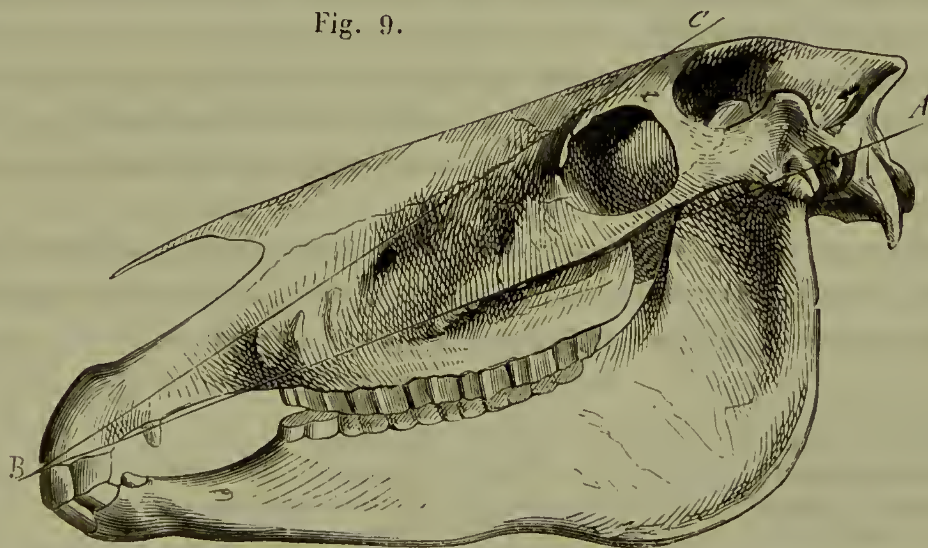
La figure 8 donne l'angle facial du chat, et la figure 9, celui du cheval, tracés d'après les modifications précédemment indiquées.

Fig. 8.



Si l'on détermine l'angle facial d'après le procédé de Camper, on fait partir du milieu de l'hiatus auditif une ligne qui arrive jusqu'à l'entrée des fosses nasales, sur le niveau de leur plancher inférieur, puis on trace une autre ligne tangente au front et venant se réunir à la première, à une certaine distance de l'extrémité alvéolaire des petits sus-maxillaires. Si on l'établit d'après la variante dont j'ai parlé, il faut faire partir la première ligne du centre de l'hiatus auditif, pour l'amener au point où les incisives médianes sortent des petits sus-maxillaires, et de ce point, qui est le sommet fixe de l'angle, élever une autre ligne venant toucher à la face antérieure du front au niveau de l'extrémité inférieure du cerveau. Pour cela, on peut se

Fig. 9.



servir, ainsi que je l'ai fait, d'un compas très simple dont les branches forment toujours, à leur jonction, exactement le sommet d'un angle ; à l'une de ces branches est fixé un arc de cercle qui traverse l'autre sur laquelle il peut jouer à volonté ou être maintenu au moyen d'une vis de pression. Il suffit, quand on veut s'en servir, de placer le sommet de l'angle sur le point correspondant à l'extrémité alvéolaire des petits sus-maxillaires et d'écarter les branches jusqu'au moment où l'une passe sur le milieu de l'hiatus auditif, tandis que l'autre devient tangente à la partie inférieure du front, comme on le voit dans les figures 8 et 9. Une fois que

les branches du compas sont placées, on serre la vis de pression et l'on applique le goniomètre sur elles pour trouver les degrés de l'angle obtenu.

La détermination de l'angle facial n'est pas sans difficulté chez les animaux, notamment à cause de la forme de la face et du développement des sinus frontaux. Aussi devient-il souvent nécessaire de l'établir sur une coupe verticale longitudinale de la tête, et de prendre la tangente de la face interne du crâne. Sans cette modification, on n'a pas exactement l'angle facial du bœuf, des petits ruminants à cornes, du porc, etc. Mais en l'adoptant, on n'a plus de chiffres comparables à ceux obtenus par la méthode ordinaire.

Quelles que soient, du reste, les imperfections et les erreurs inhérentes à la détermination de l'angle facial, cette détermination montre que les diverses races d'hommes diffèrent beaucoup les unes des autres; que la caucasique tient le premier rang, et que la nègre lui est bien inférieure; qu'après l'homme viennent successivement l'orang-outang, les autres singes, les lémuriens, puis les carnassiers, les rongeurs, etc.; enfin, après les mammifères, les reptiles et les poissons.

Dans notre espèce, l'angle facial est plus ou moins ouvert suivant les races et même suivant les âges de la vie. Il est presque droit dans l'Européen; il l'est tout à fait dans les anciennes statues des dieux et des héros; il l'est beaucoup moins dans le nègre, le Mongol, etc. Il est plus droit dans l'enfant que dans l'adulte; il est plus ouvert aussi dans le jeune singe que dans le singe adulte ou vieux.

D'après Cuvier, cet angle serait « ordinairement de 80 pour les têtes européennes, de 75 pour celles de Mongols, et de 70 pour celles de nègres, avec des variations de quelques degrés, relatives à l'âge et aux individus. » Il serait de 65 pour l'orang jeune, et de 40 seulement pour le même singe parvenu à l'âge adulte, de 60 chez les sapajons et les guenons, de 45 chez les macaques, et de 30 seulement chez ces singes féroces appelés cynocéphales.

Le tableau suivant donne, d'après Cuvier (1), l'angle facial des divers animaux, établi par « une ligne parallèle au plancher des narines, et une autre qui passe par le bord antérieur des alvéoles et touche la convexité du crâne. »

Européen enfant	90	Hérisson.	25
Européen adulte.	85	Ours brun des Alpes. . . .	32
Européen décrépit.	75	Loutre commune.	27
Nègre adulte.	70	Chien doguin	35
Femme bochismane.	71	Chien mâtin.	41
Orang-outang jeune.	67	Renard.	24
Orang outang adulte	40	Loup.	31
Jeune mandrill.	42	Hyène.	40
Mandrill adulte.	35		

Le second tableau donne l'angle facial des animaux domestiques, obtenu par la méthode de Camper, modifiée ainsi qu'on le voit dans les figures 8 et 9.

(1) *Anatomie comparée*, 2e édit., t. II, p. 164.

Cheval de quatre ans	14	Bélier	25
Cheval adulte	14	Mouton sans cornes	21
Jument anglaise	13	Bouc	24
Cheval anglais très vieux	13	Chèvre	23
Poulain de quelques jours	20	Chevreau	33
Mulet	12	Chevreuil jeune	20
Bardeau	15	Chien jeune	34
Bardeau vieux	16	Lévrier	28
Bardeau très vieux	17	Chien de Terre-Neuve jeune	36
Ane	16	Chien ratier	37
Taureau adulte	20	Chien dogue	41
Veau de trois mois	19	Renard	21
Vache adulte	18	Porc	13
Dromadaire	15	Chat	41
Lama jeune	17	Lapin	29
Lama adulte	15	Lièvre	33

Je fais remarquer ici que les chiffres de ce dernier tableau diffèrent, pour plusieurs animaux, très sensiblement de ceux indiqués par Cuvier. Ainsi, le savant naturaliste donne 25 degrés à l'angle facial du cheval, qui n'est en moyenne que de 12 à 15 degrés, et 30 à celui du bélier où il n'est guère que de 20 à 25. Peut-être cette exagération tient-elle à ce que la ligne faciale était mise en contact avec le front avant le point correspondant à l'extrémité inférieure du cerveau.

Quant à la valeur qu'il faut attribuer à l'angle facial, considéré comme moyen de mesurer l'intelligence des animaux, elle n'est pas très grande. Il suffit, pour se faire une idée du défaut d'exactitude de ses indications, de voir que le volume du cerveau restant le même, l'angle peut varier suivant la longueur de la face, le développement des sinus frontaux, et la position de l'hiatus auditif. Il est aussi fermé que possible dans les espèces de carnassiers et de solipèdes dont les sinus frontaux sont très petits ; très ouvert dans les pachydermes et les ruminants à cornes, par suite d'une disposition inverse. Enfin, il est très ouvert chez les animaux dont l'hiatus auditif se trouve au niveau même de l'apophyse mastoïde, comme dans le chien, le chat, tandis qu'il se ferme à mesure que l'hiatus forme un tube osseux dont l'ouverture s'élève bien au-dessus des cellules mastoïdiennes, ainsi qu'on le remarque chez le porc où son orifice est placé 8 à 10 centimètres au-dessus de l'extrémité inférieure des cellules. Ainsi, en classant les animaux d'après l'ouverture de leur angle facial, on ne les range pas dans l'ordre de leur intelligence. Le chat se trouve placé en première ligne, puis le chien, le lièvre, le lapin, le bélier, la chèvre, le taureau, la vache, l'âne, le bardeau et le porc. Le cheval, qui est incontestablement le plus intelligent après le chien et le chat, ne vient que le dernier de tous. Ces seuls exemples prouvent assez que l'angle facial ne saurait donner la mesure relative de l'intelligence des animaux comparés les uns aux autres.

Rapport entre les aires du crâne et de la face. — Un second moyen de juger du développement de l'encéphale, et par suite, de l'intelligence des animaux, a été proposé par Cuvier. Il consiste à comparer, sur une tête sciée longitudinalement dans le sens vertical, l'aire du crâne à celle de la face, et à établir le rapport qui existe entre elles. Cette comparaison fait voir que, par exemple, dans l'Européen, l'aire de la coupe du crâne est à peu près quadruple de celle de la face (la mâchoire inférieure non comprise), tandis que dans le nègre, l'aire de la face augmente d'un cinquième, et dans le Calmouck d'un dixième.

L'aire du crâne diminue considérablement, par rapport à celle de la face, chez les divers animaux, à mesure qu'ils s'éloignent de l'espèce humaine. Ainsi, dans les sapajous, l'aire de la face égale déjà la moitié de celle du crâne ; dans les makis, les deux tiers. Il y a égalité entre ces deux aires dans les guenons, les mandrills, et dans la généralité des carnassiers. Enfin, « les rongeurs, les pachydermes, les ruminants et les solipèdes, ont tous l'aire de la coupe de la face plus grande que celle du crâne : parmi les rongeurs, le lièvre et la marmotte l'ont d'un tiers plus grande ; mais elle est d'un tiers plus petite dans l'aïe-aïe ; elle est plus que double dans le porc-épic ; elle est presque double dans les ruminants, à peu près triple dans l'hippopotame, presque quadruple dans le cheval. Dans les cochons, l'aire de la coupe de la cavité cérébrale n'est que la moitié de celle du crâne tel qu'il paraît à l'extérieur, tant il est augmenté par les grands sinus qui règnent jusqu'à l'occiput, et tout le crâne ensemble égale à peine la face pour l'aire. A la vérité, il est beaucoup plus haut, mais plus court (1). »

Il y a quelques animaux qui présentent des rapports tout à fait exceptionnels tenant à des dispositions particulières de la tête, comme dans la baleine et le cachalot, qui ont l'aire de la face quinze à vingt fois aussi étendue que celle du crâne.

Pour déterminer exactement l'étendue des aires de la face et du crâne, il faut placer sur une feuille de papier une tête sciée en deux et munie de sa cloison cartilagineuse, puis en calquer les contours, ainsi que ceux de la périphérie interne de la cavité crânienne. Cela fait, on divise le dessin en deux parties par une ligne passant au niveau de la crête ethmoïdale. Tout ce qui se trouve en dessous de cette ligne constitue l'aire de la face que l'on partage en centimètres carrés ou en petites figures régulières, pour avoir la surface totale. L'aire du crâne est mesurée de la même manière, et les sinus placés entre le crâne et le front, au-dessus de la ligne transversale, ne sont point compris ni dans l'aire de la face, ni dans l'autre. Par ce procédé, j'ai obtenu les résultats suivants pour les animaux domestiques.

TABLEAU *indiquant l'étendue des aires du crâne et de la face des animaux domestiques.*

ANIMAUX.	AIRE DU CRANE.			AIRE DE LA FACE.			RAPPORT entre l'aire du crâne et celle de la face.
	Décimèt. carrés.	Centimèt. carrés.	Millimèt. carrés.	Décimèt. carrés.	Centimèt. carrés.	Millimèt. carrés.	
Cheval	1	30	»	3	50	55	:: 1 : 2,69
Ane.	»	81	»	1	70	»	:: 1 : 2,09
Bœuf.	1	9	»	3	74	23	:: 1 : 3,43
Bélier.	»	43	»	»	95	»	:: 1 : 2,20
Chèvre	»	45	»	»	88	»	:: 1 : 1,95
Agneau. . . .	»	16	25	»	8	82	:: 1 : 0,54
Porc	»	49	»	1	59	»	:: 1 : 3,24
Chien.	»	38	»	»	44	50	:: 1 : 1,17
Chat	»	12	6	»	8	28	:: 1 : 0,68
Lapin.	»	8	59	»	12	63	:: 1 : 1,47

(1) Cuvier, *Anatomie comparée*, p. 168.

On voit, d'après ce tableau, que l'aire du crâne, relativement à celle de la face, offre son maximum d'étendue dans le chat, qui se trouve ici, comme pour le volume du cerveau et l'angle facial, placé en première ligne ; le chien vient après, puis le lapin, la chèvre, l'âne, le bélier, le cheval, le porc et le bœuf.

Phrénologie. — D'après Gall (1) et ses sectateurs, les diverses facultés intellectuelles et instinctives seraient localisées chez les animaux comme dans l'espèce humaine ; elles résideraient chacune dans un organe spécial plus ou moins développé, susceptible d'être reconnu à l'extérieur par l'inspection des proéminences du crâne ; et, par conséquent, la cranioscopie serait applicable, dans de certaines limites, à un grand nombre d'espèces animales.

Pour Gall, l'encéphale, qui déjà se compose de tant de parties distinctes par leur forme, leur structure et leurs propriétés physiologiques, se subdiviserait en un plus grand nombre d'organes dont chacun serait le siége d'une faculté, soit instinctive, soit intellectuelle. Le cerveau, si homogène en apparence, et si irrégulièrement découpé à sa surface, serait partagé presque en autant de parties différentes qu'il a de circonvolutions. L'une quelconque de ces dernières, bien qu'elle ait la figure, le volume et la texture de toutes les autres, et qu'elle n'offre pas de démarcation tranchée avec celles qui l'entourent, aurait cependant un rôle spécial, parfaitement limité. Cette spécialité fonctionnelle de chaque fraction du cerveau subsisterait même après la disparition des circonvolutions. Elle serait aussi réelle dans les hémisphères tout à fait lisses des oiseaux que dans ceux de l'homme et des mammifères.

Gall et la plupart de ses disciples ont poussé très loin la détermination des organes cérébraux chez les brutes ; ils ont tracé sur le cerveau d'un oiseau ou d'un tout petit mammifère la circonscription des nombreuses facultés auxquelles ils avaient assigné des siéges distincts sur le cerveau de l'homme ; et il leur a été facile d'imaginer des organes et des proéminences pour les facultés les plus saillantes de tel ou tel animal. Ainsi ils ont reconnu l'organe de la destructivité chez les carnassiers ; celui de la ruse chez le renard, les singes, le chat ; celui du courage chez le coq ; de la musique chez les animaux chanteurs ; de la construction chez ceux qui se creusent des galeries, se disposent des habitations ; ils ont vu l'organe de la mémoire des lieux dans le cerveau des animaux qui émigrent ou voyagent à diverses époques de l'année ; celui de la mémoire des faits chez le chien et les espèces les plus intelligentes ; celui du sens des hauteurs chez l'aigle, le chamois et les habitants des lieux élevés ; ils n'ont pas manqué de trouver à la pie l'organe des nombres ; au lapin de garenne, l'organe de la mécanique ; au serpent, celui de la prudence, etc. Enfin, ils sont parvenus à placer, comme le dit ironiquement un des plus spirituels adversaires de la phrénologie, sur le cerveau d'une oie ou d'une corneille, qui a quelques centimètres d'étendue, vingt-neuf organes distincts, et très probablement ils en auraient pu faire autant sur celui d'un oiseau-mouche.

Il est trop bien démontré, aujourd'hui, que la localisation des facultés en plusieurs organes distincts est une fiction, et que la phrénologie repose sur des bases

(1) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, etc. Paris, 1810. — *Sur les fonctions du cerveau et sur celles de chacune de ses parties.* Paris, 1825.

tout à fait fausses, pour qu'il soit nécessaire de s'arrêter sur ce point. En effet, nous avons vu précédemment que les diverses facultés ont un siége ou un foyer commun dans les hémisphères cérébraux, et que la destruction de ceux-ci, dès qu'elle est assez étendue pour en anéantir une, les anéantit toutes. Sans cela, l'expérimentateur en plongeant, au hasard, un stylet dans le cerveau, détruirait à coup sûr une faculté, et il les détruirait les unes après les autres en portant successivement ce stylet sur les différentes circonvolutions. Du reste cette localisation fût-elle vraie, qu'il serait impossible de la reconnaître chez la plupart des animaux, non seulement par l'inspection de la tête recouverte de ses téguments, mais encore par l'examen minutieux du crâne dépouillé des parties molles qui en modifient les formes extérieures.

En effet, les arcades zygomatiques si prononcées, dans les carnassiers notamment, la protubérance occipitale, les crêtes pariétales, les sinus frontaux, donnent au crâne, par suite de leur disposition et de leur développement parfois très considérable, une configuration qui ne répond guère à la forme de sa cavité, et par conséquent à celle de l'encéphale. Ainsi, chez le bœuf, le bélier et la plupart des ruminants à cornes, chez le porc, le sanglier, l'éléphant et divers autres pachydermes, des sinus très spacieux séparent la table interne de la table externe du crâne, et donnent au front, de même qu'à la partie supérieure de la tête, un aspect plus ou moins bizarre, mais complétement étranger à la disposition extérieure du cerveau. A cela viennent s'ajouter, et des crotaphites plus ou moins volumineux qui recouvrent les parties latérales du crâne, et la terminaison des muscles cervicaux supérieurs qui dérobe à la vue la région correspondant au cervelet. Il en résulte que la partie supérieure de la tête du chien, du chat et de la généralité des carnasiers, est énormément large ; que celle du bœuf, de l'éléphant, offrent des dimensions sans rapport avec le volume de l'encéphale. Si l'on se laissait séduire par ces apparences, on donnerait au taureau, dont le front est si large et si élevé, une intelligence bien supérieure à celle qu'il possède réellement. Mais il suffit de jeter un coup d'œil sur cette tête ouverte pour être désillusionné.

Les phrénologues, cependant, ne se sont pas laissé arrêter par cette sorte de voile qui masque les proéminences que peut offrir la lame osseuse immédiatement en contact avec le cerveau : ils ont fait des bosses avec des saillies musculaires, des dilatations des sinus ; ils en ont trouvé dans des régions au niveau desquelles il n'y avait pas de cerveau ; ils ont déplacé, transposé les facultés, suivant les convenances arbitraires de leur système. Mais il n'entre pas dans notre plan de les suivre sur le terrain de leurs divagations que divers auteurs (1) ont suffisamment réfutées. Passons à un autre sujet.

(1) Voyez *Examen de la phrénologie*, par M. Flourens. — *Rejet de l'organologie phrénologique de Gall*, par M. Lélut. Paris, 1843. — *Anatomie comparée du système nerveux considéré dans ses rapports avec l'intelligence*, par Leuret. Paris, 1839.

LIVRE DEUXIÈME.

DES SENSATIONS.

CHAPITRE VII.

DES SENSATIONS EN GÉNÉRAL.

L'animal ne reçoit l'impression des agents extérieurs et ne prend connaissance de ce qui l'entoure que par l'intermédiaire de certains actes connus sous le nom de *sensations*. Privé de ces moyens de se mettre en rapport avec les corps qui lui sont étrangers, il serait dans un isolement absolu : tout ce qui se trouverait en dehors de lui serait comme n'existant pas. Il ne lui resterait qu'un sentiment vague de sa propre existence.

La sensation, envisagée dans son ensemble, peut être définie une action complexe résultant d'une impression produite sur une partie, impression transmise au cerveau et perçue par cet organe.

Rien n'est plus difficile à analyser exactement que les sensations éprouvées par les animaux. Nous ne pouvons juger de ce qu'ils doivent ressentir que par ce que nous ressentons nous-mêmes dans des conditions semblables à celles où ils se trouvent placés, et par l'expression qui traduit instinctivement le plaisir et la souffrance. Cependant il est possible de donner à leur étude une assez grande précision, notamment en ce qui concerne leur mécanisme, probablement identique chez eux avec ce qu'il est dans notre espèce. Il ne peut y avoir de différences essentielles à cet égard que sous le rapport du nombre, de la délicatesse, de l'étendue et du caractère des impressions qu'ils éprouvent.

La sensation est un acte complexe qui peut se décomposer en trois éléments ou opérations successives, à savoir : l'*impression*, la *transmission* et la *perception*, que quelques physiologistes appellent la *réaction*. Le premier de ces éléments est l'action produite sur la partie sensible par un excitant quelconque ; le second, l'action du nerf chargé de propager jusqu'à l'encéphale l'impression développée à son extrémité périphérique ; et le troisième, l'action par laquelle le cerveau reçoit l'impression, la sent, en donne conscience à l'animal et achève ainsi la sensation.

L'analyse expérimentale, et même la simple observation des phénomènes démontrent clairement que tels sont bien les éléments de toute sensation. En effet, pour que la sensation ait lieu, il faut que l'organe sensoriel puisse être impressionné par ses excitants habituels, que le nerf qui le met en communication avec l'encéphale soit intact, et qu'enfin les centres nerveux soient susceptibles d'entrer

en action. Dès que l'une de ces conditions manque, la fonction devient impossible. Si les nerfs qui mettent en relation les organes des sens avec les centres nerveux sont liés, coupés ou altérés profondément dans leur texture, la transmission des impressions cesse de s'effectuer, et il n'y a plus de sensation ; si les centres ne perçoivent plus cette dernière, parce qu'ils sont engourdis, comprimés, lésés ou détruits, la sensation ne peut plus se produire. Cette complexité si évidente a pourtant été niée par divers physiologistes qui sont allés jusqu'à prétendre que les sensations étaient effectuées dans les parties sans l'intervention des centres nerveux ; mais cette négation ne repose sur aucun fondement solide.

L'impression, élément initial de la sensation, peut se développer dans toutes les parties vivantes, si ce n'est à l'état normal, au moins à l'état pathologique. On sait, d'après les expériences de Haller, que certaines d'entre elles, telles que les tendons, les cartilages, les membranes séreuses, qui sont insensibles, et par conséquent inaptes à être impressionnées sous l'influence des excitants physiques et chimiques, deviennent sensibles par le fait de l'inflammation. Il est vrai que l'exactitude de cette distinction des parties en sensibles et en insensibles a été contestée depuis que l'on a vu quelques tissus dont la sensibilité n'est pas mise en jeu par la plupart des excitants, développer de la douleur à la suite d'une stimulation toute spéciale, comme la torsion pour les ligaments articulaires. Évidemment, toutes les parties ne sont pas également sensibles, et ne possèdent pas une sensibilité de même caractère susceptible d'être mise en jeu indifféremment par tous les excitants. Chacune a sa voix pour exprimer ce qu'elle éprouve, chacune a son cri de douleur dans les maladies. La sensibilité est répartie dans chacune d'elles suivant la mesure qui lui est nécessaire pour remplir ses fonctions. Il eût été absurde de donner au tendon et à l'os la sensibilité de la peau ou de la muqueuse. La distinction de Haller doit donc être conservée en lui ôtant ce qu'elle peut avoir de trop absolu.

La sensibilité a surtout un caractère spécial dans les divers organes des sens. Le nerf optique ne perçoit point les impressions qui résultent des vibrations de l'air, le nerf olfactif est insensible à l'action de la lumière. Le premier est disposé pour être impressionné par les rayons lumineux, le second par les particules odorantes, un troisième par les ondes sonores. Chose remarquable, ces nerfs à sensibilité spéciale si exquise n'ont pas cette sensibilité qui appartient à tous les autres ; ils sont insensibles à la piqûre, à la section, à la cautérisation, etc. C'est là une particularité des plus remarquables de la vitalité des nerfs.

La faculté pour une partie d'être impressionnée tient aux nerfs. Celles qui en ont le plus sont celles dont la sensibilité est la plus grande ; celles qui n'en ont point d'apparents ont une sensibilité si obtuse, qu'il devient fort difficile ou impossible de la mettre en évidence dans les expériences.

En quoi consiste l'impression produite dans les nerfs d'un organe ? Il est superflu de se le demander. On peut bien en trouver la cause, qui est généralement le contact d'un corps étranger ou l'action d'un fluide impondérable, contact d'où résulte un ébranlement plus ou moins prononcé, qui s'accompagne quelquefois d'une action chimique particulière. On conçoit bien aussi que la compression d'un nerf, son irritation mécanique, sa dilacération, donnent lieu à une impression ; mais il semble impossible de savoir quelle est la nature de la modification physiologique

que ces causes diverses déterminent. L'hétérogénéité de ces dernières explique seulement la variété des impressions qui tient aussi à l'intensité, à la durée de l'action des stimulants et au caractère de la sensibilité de l'organe soumis à leur influence.

La transmission de l'impression, qui est le second élément de toute sensation, s'effectue par l'intermédiaire des nerfs; à cet égard, il ne saurait y avoir aucun doute. Dès que les nerfs qui mettent les organes des sens en communication avec les centres nerveux sont liés, comprimés, coupés ou détruits, ces organes peuvent être impunément soumis à l'influence de leurs excitants, l'irritation n'est plus perçue, l'animal n'en a nulle connaissance; en un mot, elle est comme si elle n'existait pas.

La nature de l'action du nerf qui transmet l'impression n'est pas plus connue que celle de l'impression elle-même. Les uns, pour l'expliquer, considèrent les nerfs comme des cordes vibrantes qui propagent à l'encéphale l'ébranlement produit sur leur trajet ou à leur extrémité périphérique ; les autres en font des canaux dans lesquels circuleraient le fluide nerveux ou les esprits animaux. Mais ce sont là de vaines hypothèses. Que Galien, Harvey, Willis, Haller, aient cru à l'existence de canaux dans les fibres nerveuses, et à la circulation du fluide nerveux ou des esprits animaux, cela n'a rien d'étonnant, ni rien qui puisse donner du poids à cette opinion. Que divers physiologistes modernes aient cru trouver une certaine analogie entre un prétendu fluide nerveux et l'électricité, il n'y a pas, dans leur manière de voir, de quoi expliquer la transmission aux centres sensitifs des impressions produites. Ce qu'on sait touchant l'action conductrice des nerfs, c'est que tous ne sont pas aptes à l'effectuer : les nerfs sensitifs et les mixtes jouissent seuls de cette propriété.

Lorsqu'on réfléchit au mécanisme de la transmission, on sent ce qu'il y a de merveilleux dans cet acte en apparence si élémentaire : l'image d'un paysage ou d'un dessin compliqué est peinte sur la rétine, elle produit une impression, et va, avec ses détails infinis et ses couleurs diversifiées, se propager à l'organe de perception.

La propagation des impressions s'opère avec une vitesse presque électrique : elle est instantanée comme la perception qui doit la suivre.

La perception qui complète la sensation a lieu dans les centres nerveux, et spécialement dans les hémisphères cérébraux, ainsi que nous l'avons vu précédemment. Et cependant les nerfs, même ceux qu'on appelle encéphaliques, ne dérivent pas du cerveau. Ceux qui partent de la moelle épinière ou de la moelle allongée apportent leurs impressions à ces parties qui font l'office d'un second conducteur destiné à les propager jusqu'au mésocéphale et aux hémisphères ; les expériences le prouvent suffisamment. En effet, si l'on divise transversalement la moelle dans un point quelconque de son étendue, toutes les parties situées au delà de la section perdent leur sensibilité, ou plutôt envoient à la moelle des impressions qui ne sont pas perçues, faute de pouvoir arriver à l'encéphale. Ce phénomène se produit, quelque rapprochée que soit la section de l'origine de la moelle épinière. Enfin, quand on détruit les lobes cérébraux, les impressions émanées des organes des sens ne sont plus perçues, ni par conséquent converties en sensations. Celles qui viennent des différentes parties du corps continuent à être perçues probablement dans le mésocéphale ou la moelle allongée.

Telle est la sensation envisagée dans son ensemble, abstraction faite des notions auxquelles elle donne lieu. Voyons les conditions qui lui permettent de s'effectuer et les divers modes d'action des organes des sens.

Ceux-ci sont tous situés à l'extérieur ou très près de la périphérie du corps. Un seul d'entre eux, le plus général et le plus essentiel, est disséminé à la surface de l'être pour s'exercer par l'intermédiaire des diverses parties du tégument. Les autres sont localisés et rapprochés dans des cavités de la tête.

Ils se composent, du moins les plus compliqués, de trois ordres de parties plus ou moins distinctes : 1° d'un appareil destiné à recevoir, à modifier et régulariser l'action des excitants : c'est pour l'œil un instrument d'optique constitué par un globe cloisonné rempli de milieux réfringents; c'est pour l'oreille une série de cavités à parois anfractueuses, à compartiments multiples séparés par des membranes vibrantes, etc.; 2° d'une expansion nerveuse fasciculée ou membraneuse, chargée de recevoir l'impression de l'excitant; 3° d'un nerf conducteur destiné à porter aux centres nerveux l'impression produite à son extrémité périphérique. Mais tous sont loin d'être également compliqués, sous le rapport anatomique, et il est facile de suivre une gradation depuis celui du tact qui est fort simple, jusqu'à ceux de la vue et de l'ouïe qui résultent de l'association d'un grand nombre de parties différentes.

Leur office est de donner, chacun, une série de notions sur le monde extérieur; et, dans ce but, chacun a sa manière d'être impressionné : l'un est affecté par la lumière, l'autre par les vibrations de l'atmosphère, un troisième par les particules suspendues dans l'air, etc. Cependant ils peuvent, jusqu'à un certain point, se contrôler réciproquement et se suppléer les uns les autres ; c'est au moins ce qui arrive aux animaux inférieurs qui n'ont pas tous les sens, et aux animaux les plus parfaits qui ont perdu accidentellement la faculté de se servir d'un ou de plusieurs d'entre eux. Les notions qu'ils donnent étant plus spécialement utiles à telles ou telles fonctions, il est des sens annexés aux appareils de ces dernières, comme le sens du goût à l'appareil de la digestion, celui de l'odorat à l'appareil de la respiration.

Les sens sont au nombre de cinq dans les animaux supérieurs : la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût et le toucher. Dans les animaux inférieurs, une partie d'entre eux peuvent manquer ; le goût et le tact sont les derniers qui persistent.

Certains physiologistes, se basant sur des phénomènes particuliers à quelques animaux ou donnant une interprétation inexacte à certaines impressions, ont cru pouvoir ajouter à cette liste. Buffon, par exemple, admettait un sixième sens destiné à recevoir les impressions voluptueuses de la génération, qui, en réalité, viennent du toucher et d'autres sens. Spallanzani, qui avait vu des chauves-souris privées de la vue se diriger avec sûreté dans des lieux où il avait tendu des cordages et placé des obstacles de toute espèce, supposait ces insectivores doués d'un sens spécial ; mais n'est-il pas probable qu'elles se guidaient par l'exquise sensibilité de leurs ailes membraneuses. Jacobson, trouvant très développé dans les herbivores l'appareil qui porte son nom, semblait disposé à le regarder comme un sens préposé au discernement des poisons. Ch. Bell et Carus, considérant la différence qui existe entre la plus grande partie des impressions tactiles et plusieurs rapportées à la même catégorie, admettaient, le premier, un sens pour l'appréciation du poids et de la con-

sistance des corps, et le second, un autre sens relatif à la température. Il suffit de réfléchir un peu à l'origine des impressions que les animaux éprouvent, pour se convaincre qu'elles peuvent toutes se rapporter à l'un des sens précédemment indiqués.

Les sens sont, pour la plupart, aussi parfaits chez les animaux que dans l'espèce humaine; quelques uns même, tels que l'odorat et le goût, qui sont, suivant la remarque de Buffon (1), plus relatifs à l'appétit, y possèdent une délicatesse exquise, tandis que le toucher y a généralement moins de perfection. Mais ils n'y présentent pas une délicatesse proportionnelle. Ordinairement, l'un d'eux a une prédominance marquée sur les autres : tantôt c'est la vue; d'autres fois l'ouïe, l'odorat ou le toucher; et cette supériorité relative n'est jamais arbitraire, mais elle se trouve en rapport avec les instincts, les habitudes et les besoins de chaque animal. Ainsi, le chien, qui ne découvre sa proie qu'en suivant ses traces, a besoin d'un odorat exquis pour la suivre à de grandes distances par les émanations qu'elle a laissées sur son passage; le chat, qui surprend ses ennemis dès qu'ils sortent de leurs retraites, a l'ouïe très fine; les rongeurs et la plupart des ruminants, timides et sans défense, ont ce sens également délicat, afin d'être avertis de l'approche des animaux qui leur font la guerre. D'autres, comme l'aigle, le faucon, l'épervier, ont la vue très perçante; tels ont la vue excellente à la lumière la plus vive; tels autres ne peuvent supporter l'éclat du jour, mais voient à de grandes distances pendant la nuit. Quelques uns, dont la peau est recouverte de poils rudes ou d'enveloppes résistantes, ont la sensibilité tactile très obtuse; d'autres, comme la chauve-souris, ont le toucher d'une incomparable délicatesse.

Le mode d'action des sens est remarquable par plusieurs particularités dignes d'intérêt. D'abord, ils peuvent tous agir ensemble. L'homme peut, à la fois, voir, entendre, flairer, goûter, etc. Mais alors il éprouve des sensations vagues, confuses, dont quelques unes sont plus vives que d'autres; il est, en quelque sorte, accablé, étourdi par tout ce qui l'impressionne. Son attention n'étant pas susceptible de s'appliquer simultanément à un grand nombre d'impressions, leur nombre fait perdre à chacune une partie de sa netteté et donne lieu à des perceptions confuses. Au contraire, si l'attention est concentrée sur un seul genre d'impressions, celles-ci deviennent nettes et sont vivement senties. Voilà pourquoi, suivant l'observation de Müller, quand un sens s'exerce seul après la perte des autres, il devient en apparence plus parfait, puisque l'attention, n'étant plus partagée, s'applique tout entière à l'analyse de la sensation persistante.

Cette action n'est pas tout à fait indépendante de la volonté. Les voiles membraneux placés au-devant de l'œil, en s'abaissant, soustraient cet organe à l'influence de la lumière; la bouche qui refuse de recevoir les substances sapides, la main, la lèvre ou les autres parties qui évitent le contact des corps, se dérobent à l'action des excitants. Mais ces mêmes parties, quand la volonté leur imprime des déterminations inverses, vont au-devant des sensations, qui alors deviennent plus complètes et plus vives. De l'intervention ou de la non-intervention de la volonté et de l'attention plus ou moins grande que le cerveau apporte dans la perception, il résulte que les

(1) *Discours sur la nature des animaux*, 1753, t. IV, p. 31.

sens s'exercent *activement* ou *passivement.* Aussi fait-on une différence qui est très réelle entre voir et regarder, entendre et écouter, toucher et palper.

Les sens ne sauraient être constamment en éveil; leur action est intermittente ou périodique comme celle des autres fonctions de relation. Ils sont dans une inaction à peu près complète pendant le sommeil; et, pendant la veille, il en est qui ne sont mis en jeu qu'à de rares intervalles. Leur sensibilité se fatigue, s'affaiblit, s'émousse, par suite d'un exercice continu très prolongé.

Ils ne commencent pas tous à agir, en même temps, à partir de l'époque de la naissance. Plusieurs sont organisés de manière à pouvoir entrer en exercice de très bonne heure. Dès que l'animal sort du sein de sa mère, il entend; dès qu'il saisit la mamelle, il goûte l'aliment que lui prépare cette glande; mais alors la vue peut être imparfaite ou nulle par suite du rapprochement des paupières, comme cela s'observe dans le chien, le chat et d'autres carnassiers. Si les yeux sont ouverts, il voit très bien et avec une grande précision.

Ils font leur éducation par un exercice modéré, par l'habitude d'être impressionnés. Si le jeune animal voit dès la première fois les objets où ils se trouvent, s'il a la notion de leur distance, ainsi qu'on peut en juger par ses démarches et les précautions qu'il prend pour éviter les obstacles, il est évident que la sensibilité de quelques organes sensoriels n'a pas encore acquis la délicatesse qu'elle aura plus tard : le jeune chien ne reconnaît pas tout d'abord très sûrement les traces du gibier ; l'oiseau de proie n'a pas, dès le principe, l'œil aussi perçant que par la suite. Sur la fin de la vie, les sens s'émoussent et se détériorent souvent à un haut degré : le cheval devient assez souvent aveugle ; le chien perd l'ouïe avec la vue et parfois l'odorat. On sait que le meilleur chien de chasse finit par ne plus pouvoir trouver ni suivre longtemps la piste du gibier.

La domesticité les développe ou les affaiblit dans de certaines limites. Le goût et l'odorat ne sont plus, pour le bœuf et le mouton, des guides aussi sûrs que pour les animaux sauvages. Quelquefois elle les exalte ou les perfectionne, comme l'odorat du chien pour la chasse, et celui du porc pour la recherche des truffes.

Ils peuvent, jusqu'à un certain point, se suppléer réciproquement. Lorsque l'un d'eux est affaibli, les autres qui peuvent donner des notions analogues à celles fournies auparavant par le sens affaibli ou perdu, acquièrent de la prééminence : le cheval aveugle agite sans cesse les oreilles, et les porte dans toutes les directions, comme si l'ouïe devait lui faire reconnaître les objets que la vue ne lui laisse plus apercevoir ; le chien affligé de la même infirmité exerce davantage le toucher et l'odorat ; de même que l'homme privé de la vue acquiert une très grande délicatesse de tact.

Les sensations des animaux, considérées relativement à celles de l'homme, n'ont pas en général de caractère d'infériorité. A tout prendre, les bêtes, par le nombre et la délicatesse de leurs sensations, sont aussi bien et quelquefois même mieux partagées que nous. Seulement, les notions que ces êtres acquièrent par cette voie sont moins étendues et moins variées que dans notre espèce. Les idéologues modernes, Locke, Condillac et leur école, qui prétendaient que les idées dérivaient des sensations, ont fait une psychologie parfaitement applicable aux animaux. Ces derniers, en effet, à peu près dépourvus de la faculté de penser et de réfléchir, n'ont probablement d'autres idées que celles venues par les sens. Les impressions qu'ils

éprouvent sont comme les nôtres, pénibles ou agréables, elles causent du plaisir ou de la douleur. Et qui oserait douter que le plaisir et la douleur, dépouillés de ce qui peut tenir à l'imagination, ne soient aussi vifs chez eux que chez nous?

Indépendamment des sensations qui mettent l'animal en rapport avec le monde extérieur, il en est d'autres qui lui font connaître ce qui se passe en lui-même, en lui donnant une idée de ce qui se produit dans la profondeur de ses organes : ce sont les sensations internes.

L'une avertit l'animal du besoin de réparation; l'autre le pousse à prendre des liquides qui doivent délayer son sang épaissi ; une troisième traduit la nécessité impérieuse de respirer; une quatrième, le besoin d'expulser les produits excrémentitiels; d'autres lui expriment la fatigue des muscles, le besoin du sommeil, l'irritation d'une partie, la surcharge de l'estomac, la difficulté de la digestion, la souffrance d'un organe malade. Ce sont autant de voix qui crient, chacune à sa manière, et qui donnent à l'animal conscience de ce qui se passe en lui-même. Dès que le besoin est satisfait et que l'excitation a disparu, la sensation s'évanouit ; un calme intérieur, un bien-être plus ou moins prononcé remplacent cette dernière.

Le point de départ de chacune de ces sensations ne peut pas être toujours facilement déterminé. Rien ne prouve, péremptoirement, que la faim ait le sien dans l'estomac devenu inactif, et la soif dans la gorge desséchée ; mais il est évident que le besoin d'expulser les urines a son principe dans la vessie distendue, que la sensation douloureuse émane de la partie malade. La modification survenue dans l'état des nerfs impressionnés échappe même à l'analyse de l'imagination. Le développement de l'impression est une chose encore plus inconcevable dans les tissus dont l'insensibilité normale semble indiquer en eux l'absence des nerfs. Sans doute, ces derniers y existent là où l'anatomie ne peut les découvrir; mais s'ils y existent, pourquoi ne donnent-ils pas habituellement aux parties une sensibilité si faible qu'elle soit? pourquoi faut-il que l'inflammation s'empare de leur tissu pour qu'elles accusent leur sensibilité ?

La transmission de ces sensations s'effectue par le mode ordinaire, c'est-à-dire par l'intermédiaire des nerfs conducteurs, et la perception s'opère à son tour dans le cerveau, pourvu que cet organe conserve l'intégrité de son action. Elles sont rapportées avec plus ou moins de précision à l'organe dont elles émanent, quelquefois très vaguement, comme dans le cas de douleurs profondes. Du reste, il est difficile de savoir si, sous ce rapport, il y a identité entre les sensations internes des animaux et celles de l'homme; cependant, beaucoup de faits semblent indiquer cette similitude. Ainsi, lorsque l'animal a été piqué dans un point du corps, lorsqu'il éprouve du prurit ou une douleur quelconque, il cherche à porter la tête ou le pied sur ce point, à se frotter contre les objets environnants ; s'il souffre par suite de coliques, il regarde souvent son flanc ; si un séton lui cause une irritation trop vive, il fait des efforts pour l'arracher, etc. Leur caractère est nécessairement fort variable, mais qui pourrait dire quel est celui de la douleur d'un animal affamé, d'un autre qui meurt de soif, d'un troisième auquel on arrache une partie de l'ongle ou qui souffre d'une maladie inflammatoire?

Celles de ces sensations qui constituent des besoins ont divers degrés; elles font éprouver du plaisir quand ces besoins sont satisfaits. L'habitude a sur elles l'in-

fluence qu'elle exerce sur les autres ; elle les émousse ; l'attention les rend plus vives ; la préoccupation semble les affaiblir et les rend même moins intenses.

CHAPITRE VIII.

DES SENSATIONS EN PARTICULIER.

I. DU TOUCHER.

La vue donne à l'animal la notion de la présence des objets, celle de leur forme, de leur couleur, de leur distance ; l'ouïe lui fait reconnaître les corps par les sons qu'ils peuvent produire ; l'odorat lui fait apprécier les émanations répandues dans l'atmosphère ; le goût lui fait juger des qualités des substances dont il se nourrit. Par leur intermédiaire, il acquiert une foule de connaissances, éprouve une infinité de plaisirs ou de souffrances ; car les sens sont les portes ouvertes à tout ce qui est agréable comme à tout ce qui est pénible. Ils sont localisés ; chacun d'eux fournit une série de notions que ne peuvent point donner les autres ; mais ils ne les donnent pas toutes, le reste vient d'un sens plus général que les précédents, disséminé en quelque sorte à toute la surface de l'être, transformant l'extérieur du corps en un sens universel destiné à recevoir une foule d'impressions susceptibles de compléter et de contrôler celles qui dérivent des autres. Ce dernier, qu'on appelle le toucher, est le plus simple de tous ; il existe chez tous les animaux où il apparaît avant les sens plus complexes dont il peut, jusqu'à un certain point, tenir lieu, et desquels il se différencie sous trois rapports essentiels : 1° parce qu'il n'est pas localisé ; 2° parce qu'il manque de nerfs particuliers à sensibilité spéciale ; 3° parce qu'il reçoit des impressions de nature très variée. C'est celui qu'il convient d'étudier en premier lieu.

Des organes du toucher. — C'est le tégument ou la peau extérieure qui est chargée de recevoir les impressions tactiles ; mais elle ne jouit pas, dans tous les points de son étendue, du même degré de sensibilité, et elle n'est pas partout également bien disposée pour mettre en jeu sa sensibilité. Aussi y a-t-il certaines parties du corps qui sont plus spécialement que les autres affectées au sens du toucher.

Chez l'homme, la main est admirablement disposée pour cet office. Par sa forme, par le nombre et la mobilité de ses doigts, elle peut s'appliquer exactement sur les corps dont on veut apprécier la configuration, la disposition superficielle et la température. Mais ce n'est point par son secours que l'homme acquiert la supériorité de son intelligence, ainsi que le croyaient certains philosophes, si bien réfutés par Galien (1) ; il trouve seulement dans cet organe un instrument qui lui permet d'exercer ses facultés dans toute leur plénitude. Les singes partagent avec lui le privilége d'avoir de véritables mains, et ils en ont quatre au lieu de deux. Les extrémités antérieures des onguiculés sont aussi des mains plus ou moins imparfaites.

(1) Voyez ses *Œuvres philosophiques et médicales* (*De l'utilité des parties*), trad. par Daremberg. Paris, 1853, t. I, p. 114.

Le pied des animaux ongulés, celui du cheval et des ruminants, enveloppé dans des sabots, n'en est pas moins un organe de tact. L'enveloppe cornée de cette partie, si épaisse qu'elle soit, recouvre des tissus très sensibles hérissés de papilles nerveuses ; l'ébranlement qui se produit en elle par suite du contact et des percussions du pied sur le sol se transmet aux tissus sous-jacents, et donne lieu à des impressions dont le caractère et l'intensité doivent varier suivant l'état du sol, la rapidité et la violence du choc. Cette sensibilité est renfermée dans des limites telles, qu'elle suffit à l'animal pour lui donner connaissance des accidents du terrain et de la force des percussions sans devenir une source de souffrance ou de douleurs continuelles. Elle permet au cheval, comme le dit Dugès, de se servir de son pied pour explorer le sol et apprécier l'inégalité de sa surface. On conçoit en effet qu'il importe à l'animal, pour la sûreté de sa marche et la régularité de ses allures, d'éprouver des sensations différentes, suivant que son pied appuie sur des cailloux anguleux, des pavés, ou bien sur le sol meuble d'une terre labourée, ou sur le fond d'un bourbier. Il lui serait sans cela difficile de se conduire pendant la nuit ou lorsqu'il a perdu la vue ; mais par le secours de la sensibilité des tissus sous-cornés, il acquiert la faculté de voir par son pied, pour me servir d'une heureuse expression de M. Bouley (1), qui a peint sous des couleurs si vives la sensibilité tactile du pied du cheval.

Nul doute que le même mode de sensibilité n'existe dans le pied des divers ruminants, des pachydermes, et en général, de tous les animaux ongulés. Les parties qui, chez un grand nombre d'espèces, sont recouvertes par des productions cornées ou épidermiques, peuvent également jouir d'une faculté tactile analogue à celle des extrémités. Ainsi, le bec de tous les oiseaux, notamment celui des palmipèdes et des échassiers, présente entre l'os et son étui corné un tissu riche en nerfs et en vaisseaux, comme le tissu sous-ongulé des solipèdes. La carapace du tatou, celle des tortues, les écailles du pangolin, les enveloppes solides des insectes, des crustacés, et même les coquilles des mollusques, en transmettant au tégument les effets du contact, agissent encore d'une manière plus ou moins analogue.

Les animaux qui n'ont pas les extrémités bien disposées pour l'exercice du toucher ont, généralement, quelques autres parties du corps très sensibles et plus spécialement chargées de recevoir les impressions tactiles. Chez un grand nombre de mammifères, les lèvres, le nez, jouissent d'une grande sensibilité. La lèvre supérieure et le nez du chien servent à l'exploration et au tact ; la lèvre supérieure du cheval, dont le tissu est si riche en divisions nerveuses de la cinquième paire, est un organe de tact très délicat ; le museau ou l'espèce de groin du porc, de la taupe, de la musaraigne, la trompe de l'éléphant, sont encore mieux appropriés à cet usage. Souvent, les longs poils ou les moustaches que portent les lèvres et le pourtour des naseaux viennent ajouter à cette disposition en constituant des conducteurs qui transmettent au bulbe dans lequel ils sont implantés les effets de leur contact avec les corps étrangers.

Certains animaux ont d'autres parties plus spécialement affectées au toucher. Les chauves-souris, par exemple, ont dans leurs ailes une sensibilité très grande que Spallanzani avait exagérée en attribuant à ces carnassiers un sens supplémentaire

(1) *Traité de l'organisation du pied du cheval*, par M. H. Bouley, p. 252.

distinct du toucher. La queue chez les singes, qui se servent de cet appendice comme d'organe de préhension ; celle du castor, qui sert à l'animal dans la construction des digues, sont également des organes de tact. Les bras des poulpes, des seiches, les tentacules de la plupart des mollusques, les antennes des insectes, remplissent aussi le même office.

Enfin, la peau dans le reste de son étendue, qu'elle soit nue ou couverte de poils, constitue un vaste appareil tactile dont la sensibilité est inégalement prononcée, mais ordinairement assez exquise. On sait, en effet, que le contact d'un insecte suffit pour la mettre en jeu et provoquer un trémoussement particulier. Les parties dénudées sont plus sensibles que les autres. Cependant il ne faudrait pas croire que les animaux à peau nue ont le tégument toujours mieux disposé pour le toucher que ceux où elle est recouverte de poils. Si, sous ce rapport, les mollusques sans coquilles et les batraciens ont un avantage marqué sur les animaux de leur classe respective, l'éléphant, le rhinocéros, l'hippopotame, sont loin de jouir du même privilége. La peau tout entière, qu'elle soit nue ou couverte de poils, de productions cornées, calcaires, etc., est donc un organe général de tact d'autant plus délicat que son tissu est plus fin, plus souple, plus riche en papilles nerveuses, et moins recouvert de productions insensibles. Il se perfectionne d'autant plus, suivant la remarque de Cuvier (1), que les autres se dégradent et deviennent obtus.

La peau est admirablement organisée pour recevoir les impressions tactiles. La surface du derme est recouverte de papilles coniques très fines dans lesquelles se distribuent des vaisseaux et des filets nerveux. D'après les recherches de Wagner (2), il y aurait sur la peau deux ordres de papilles : les unes vasculaires, les autres nerveuses. Ces dernières, bien moins nombreuses que les précédentes, contiendraient de petits corpuscules formés de membranes superposées ayant entre elles des grains allongés dont l'enveloppe striée est d'une finesse excessive. La papille et les corpuscules recevraient des divisions nerveuses très ténues qui les pénétreraient, soit par leur base, soit par leurs côtés. Les papilles sont très développées à la pulpe des doigts chez l'homme, au bourrelet des solipèdes, à la face inférieure du pied, dans le tissu villeux, sur la peau des coussinets connus sous les noms de tubercules plantaires, de pelotes carpiennes, tarsiennes et digitales du pied des carnassiers et des autres onguiculés. Mais beaucoup de celles que j'indique paraissent préposées à la sécrétion de la corne et mériteraient d'être étudiées avec assez de soin pour qu'elles soient distinguées des papilles spécialement chargées de recevoir les impressions tactiles.

Les muqueuses jouissent aux lèvres et sur les parties sexuelles extérieures d'une sensibilité même plus exquise que celle de la peau. Enfin, les parties accidentellement dénudées, les plaies, les ulcères, acquièrent à divers degrés la faculté de recevoir les impressions tactiles.

De la sensation tactile en elle-même. — L'organe du tact est impressionné non-seulement par les corps qui se mettent en rapport avec lui, mais il l'est encore par les agents impondérables, surtout par le calorique et l'électricité. Il arrive chez les animaux inférieurs à une délicatesse si grande, que quelques uns d'entre eux semblent même, dit Cuvier, palper la lumière.

(1) *Anatomie comparée*, t. III, p. 570.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIV, p. 771.

En ce qui concerne les corps pondérables, les impressions produites par eux sur l'organe du tact résultent d'une action directe ou indirecte.

Cette action n'est, en réalité, jamais directe, puisque les papilles ne sont point à découvert et susceptibles de se mettre en contact immédiat avec les corps : il y a toujours entre ceux-ci et ces papilles une couche plus ou moins épaisse d'épiderme qui, par elle-même insensible, transmet néanmoins très bien l'effet du contact. Cela expliqué, nous savons quel sens il faut attacher à l'action directe.

L'action est indirecte ou médiate quand le contact s'opère avec les poils, les productions cornées, telles que le sabot, les ongles, les griffes, etc. Toutes ces substances insensibles transmettent parfaitement les effets du contact. La corne les propage assez bien : sa substance flexible, élastique, se déforme facilement et revient très vite à son état primitif. Aussi, dès qu'elle est touchée, dès qu'elle éprouve un choc, un ébranlement quelconque, elle le transmet aux tissus sous-jacents qui jouissent d'une exquise sensibilité. Les poils, les plumes, étant implantés dans un bulbe, sur une papille très délicatement organisée, transmettent à cette papille l'ébranlement qui leur est communiqué, et il suffit, pour qu'il soit perçu, d'être très faible comme celui produit par l'agitation de l'air ou du contact le plus léger. Ainsi, des parties tout à fait insensibles par elles-mêmes deviennent, grâce à cet artifice, des organes de toucher très délicat.

Le mode suivant lequel le toucher s'effectue ou s'exerce varie nécessairement suivant bien des circonstances. Le contact est d'autant mieux apprécié qu'il a lieu sur une plus grande surface et sur une surface plus richement organisée. Quand la partie qui doit toucher les objets est mobile, de manière à pouvoir s'appliquer sur eux, à en suivre les contours et à en reconnaître tous les accidents, elle opère ce qu'on appelle le *palper* : c'est ainsi qu'agissent les mains de l'homme et des singes. La lèvre supérieure du cheval, le museau du chien, le groin du porc, la trompe de l'éléphant et son appendice, agissent d'une manière analogue, sans toutefois palper avec autant de perfection que peuvent le faire les mains. Les extrémités des animaux ongulés, qu'elles soient indivises ou fissipèdes, ne sont pas aptes à palper. Cependant le cheval semble exécuter quelque chose de semblable quand il explore le terrain avec son pied. Dans les autres régions du corps, le toucher ne présente pas les mêmes caractères, il est beaucoup plus obtus ; car, suivant la remarque de Buffon, les deux grands obstacles à l'exercice de ce sens sont l'absence de parties divisées et flexibles, et le revêtement de la peau par des poils, des plumes ou autres productions épidermiques.

L'impression du contact est reçue par les papilles du derme dans lesquelles se ramifient les filets nerveux émanés du cordon supérieur de la moelle épinière. Ceux-ci ne diffèrent nullement de ceux qui donnent la sensibilité à tous les autres tissus ; ils viennent des nerfs mixtes qui ont laissé leurs filets moteurs dans les organes contractiles.

Les effets du contact ou les caractères de la sensation du toucher sont variables et difficiles à apprécier, en ce qui concerne les animaux. Néanmoins tout porte à croire que ce sens donne aux bêtes, comme à l'homme, la notion de la figure, de l'état de la surface des corps, de leur immobilité, de leur mouvement, de leur consistance et de leur température. D'abord, le toucher est assez délicat pour que

l'animal s'aperçoive du contact le plus léger. En effet, ne suffit-il pas qu'un insecte vienne se poser sur la peau d'un bœuf, ou même sur les poils, pour qu'aussitôt le ruminant fasse trémousser le tégument et entre dans une agitation plus ou moins vive ? Ne voit-on pas le même animal accélérer sa marche dès que la corde du fouet vient à effleurer un point quelconque de la surface du corps? Ne sait-on pas que les animaux recherchent pour se coucher la terre molle, le gazon, et qu'ils évitent un pavé ou un sol inégal ? Ce sens reçoit évidemment aussi les impressions de température, même dans les circonstances où il n'y a ni changements très prononcés, ni transitions brusques. Certaines espèces en sont vivement affectées, notamment celles qui ont la peau nue, tandis que d'autres dont le corps est recouvert d'une épaisse fourrure ou d'une toison abondante y sont plus indifférentes : l'ours blanc, qui paraît s'étendre avec plaisir en hiver sur un sol glacé, voit trembloter auprès de lui un animal sans fourrure ou un habitant des contrées tropicales.

Du reste, cette délicatesse du toucher offre mille nuances parmi les animaux. Quelques uns ressentent vivement les impressions tactiles qui résultent de l'humidité ou de la sécheresse de l'air, de la température et de son état électrique, comme nous le prouve l'agitation des oiseaux à l'approche des orages, agitation si remarquable que Virgile a peinte avec tant de vérité dans ses Géorgiques. D'autres, comme les éléphants, les rhinocéros, dont la peau est épaisse et en quelque sorte cuirassée par des plaques épidermiques, ont une sensibilité tactile des plus obtuses.

Par le toucher, l'homme éprouve une foule de sensations agréables ou pénibles dont les nuances infinies vont de la douleur à la volupté la plus exquise. Il ne semble pas en être ainsi, à beaucoup près, chez les animaux. Diverses excitations, qui, pour nous, résultent d'impressions tactiles, leur viennent par d'autres sens. Voyez, en effet, comment par l'odorat le mâle s'excite auprès de la femelle : ses lèvres se contractent convulsivement, son flanc s'agite, et tous ses muscles éprouvent des spasmes plus ou moins violents.

Il ne faudrait pas croire, cependant, que l'exercice de ce sens ne puisse produire chez les animaux des effets analogues à ceux qu'il détermine chez nous. Si les animaux ne recherchent pas les caresses des individus de leur espèce, ils sont extrêmement sensibles à celles que nous leur prodiguons : le chien et le chat en éprouvent, comme on le sait, un vif plaisir ; les animaux les plus féroces en sont fort agréablement impressionnés. F. Cuvier en a rapporté plusieurs exemples, entre autres, celui d'une louve qui entrait, sous leur influence, dans un véritable délire. Les herbivores les plus lourds sont loin d'y être indifférents : il suffit de passer la main sur le front du bœuf et du taureau pour apaiser leur fureur. Les génisses les plus emportées ne cherchent nullement à se soustraire au contact de la main qui leur palpe doucement les mamelles ; elles semblent, au contraire, en éprouver une sensation agréable.

Le toucher ne fait pas acquérir à l'animal un bien grand nombre de connaissances. Ce sens, que Buffon regardait comme s'adressant le plus directement à la pensée et à l'intelligence, sert moins aux brutes que tous les autres. On ne voit pas souvent ces dernières chercher, par son secours, à juger de la nature et des qualités des objets; elles ne palpent point, elles ne tentent nullement de rectifier par le toucher ou de contrôler les notions qui leur arrivent par l'ouïe ou l'odorat. Du reste,

s'il a une infériorité marquée chez elles sous le rapport de la délicatesse, il en a une non moins évidente sous le rapport des secours qu'il peut donner à l'intelligence.

II. DE LA GUSTATION.

La gustation est une espèce de tact qui s'exerce par une surface d'une sensibilité spéciale ordinairement placée à l'entrée des voies digestives, sur les substances susceptibles de se dissoudre dans la salive.

Elle diffère du toucher, avec lequel elle a cependant la plus grande analogie, en ce qu'elle ne saurait être développée par les surfaces les plus sensibles autres que celles de la bouche, et à cause de cela, elle constitue une sensation aussi spéciale et aussi caractérisée que celles de l'odorat, de l'ouïe et de la vue.

Elle paraît commune à la généralité des animaux, et son existence semble plus utile que celle de la vue et de l'ouïe à la conservation des individus.

De l'organe du goût. — L'organe du goût, placé à l'entrée de la cavité digestive pour donner connaissance à l'animal des qualités des substances dont il doit se nourrir, est constitué par une portion de muqueuse ordinairement couverte de papilles dans lesquelles se terminent les nerfs chargés de recevoir l'impression des saveurs.

La langue, qui est l'organe essentiel de ce tact, offre des formes et une structure très variées dans les divers animaux, parce qu'elle sert aussi à la préhension des aliments, à la mastication et à la déglutition. Elle est recouverte d'une muqueuse hérissée de papilles dont quelques unes sont disposées de manière à remplir un rôle étranger à la gustation. Chez l'homme, les singes, le chien et plusieurs carnassiers, elle est pourvue de papilles molles, souples, et recouvertes de gaînes épithéliales très minces; chez les chauves-souris, les diverses espèces de chats, l'hyène, les sarigues, elle en a qui sont rudes, aiguës et peu propres à la gustation; chez les grands ruminants, les plus nombreuses sont longues, coniques, recourbées en arrière et renfermées dans des étuis cornés; les moins nombreuses sont courtes, arrondies à leur extrémité libre et recouvertes d'une enveloppe mince. Ces dernières, connues sous le nom de papilles *fungiformes*, sont surtout répandues vers la pointe de la langue : leur nombre est à peu près de deux cents dans l'espèce du bœuf, et du double dans celles de la chèvre et du mouton (1). Elles paraissent être les véritables papilles gustatives. Plusieurs mammifères, tels que les fourmiliers, le tatou, l'échidné, ont la langue lisse ; les cétacés, qui l'ont excessivement courte, ont des papilles si petites, que plusieurs anatomistes en ont nié l'existence. Du reste, cette dernière disposition, au lieu d'être exceptionnelle, semble appartenir à la plupart des espèces aquatiques dont la gustation est regardée par de Blainville comme très imparfaite. Les oiseaux ont, pour la plus grande partie, une langue dure, recouverte d'un tégument épaissi, cuirassé et dépourvu d'éminences papillaires, si ce n'est à la base où il s'en trouve quelques unes fort développées et analogues aux papilles de la joue des ruminants. Les reptiles, au contraire, possèdent une langue molle et humide, comme chez les salamandres et les grenouilles, mais quelquefois dure, ainsi qu'on le voit chez les tortues. Enfin, les poissons ont cet organe habi-

(1) G. Colin, *Études sur la membrane muqueuse digestive* (*Recueil de médecine vétérinaire*, 1851, t. VIII, 3e série, p. 54.)

tuellement rudimentaire ou nul. Toutefois ils ne manquent pas du sens du goût qui persiste dans les animaux plus inférieurs, sans qu'on puisse bien en préciser l'organe spécial.

Diverses parties de la muqueuse qui tapisse la cavité buccale et le pharynx paraissent jouir de la faculté d'être impressionnées par les substances sapides, surtout lorsque la langue est imparfaitement organisée pour la gustation. Mais on ne sait rien de bien précis à cet égard, du moins en ce qui concerne les animaux. Les recherches de Vernière et de plusieurs autres expérimentateurs tendent à faire admettre que la langue, sur ses bords, à sa base, à sa pointe et à sa face inférieure, le voile du palais et le pharynx, sont sensibles à l'action des matières sapides, alors que le palais, les lèvres et les joues ne seraient nullement affectés par les saveurs les plus prononcées. J'ai pu voir, sur le bœuf, en appliquant successivement, et à des intervalles éloignés, une très petite capsule de verre pleine d'aloès sur le palais, la face interne des joues, la face supérieure de la langue, le fond du canal, que la salivation maxillaire devenait très abondante lorsque la substance se trouvait en rapport avec la langue et le fond du canal, tandis qu'elle l'était à peine si cette dernière touchait les joues et le palais. Ce procédé, qui pourrait être essayé sur divers animaux sans grandes difficultés, est susceptible d'une rigoureuse précision; il permet, par les quantités de salives sécrétées, de juger chez les animaux d'une sensation dont l'intensité et les caractères se traduisent vaguement aux yeux du physiologiste.

Des saveurs. — Les substances mises en contact avec l'organe du goût ont besoin pour l'impressionner d'être solubles, si déjà elles ne sont liquides ou gazeuses.

La plus grande partie des matières animales ou végétales ont une saveur plus ou moins prononcée. Les matières minérales solubles sont toutes sapides; certains gaz le sont également; l'air dirigé sous forme de courant sur les surfaces gustatives donne lieu à une saveur fraîche et salée; l'électricité elle-même jouit de la propriété d'impressionner l'organe du goût comme le font les substances sapides.

Les saveurs sont fort nombreuses. Chaque substance soluble a, pour ainsi dire, la sienne plus ou moins bien caractérisée; mais comme il en est beaucoup qui ont de l'analogie les unes avec les autres, on les a groupées en plusieurs catégories. Galien comptait huit saveurs principales; Linné, Haller, un plus grand nombre; Boerhaave les divisait en *primitives* et en *composées*. Les déterminations diverses données par les physiologistes ne sauraient manquer d'être plus ou moins arbitraires, car s'il est des saveurs bien caractérisées comme l'acide, la salée, l'âcre, l'amère, il en est d'autres telles que les saveurs douces, styptiques, qui sont loin de l'être au même degré. D'ailleurs, dans chacune des mieux caractérisées, il y a mille nuances que les animaux apprécient sans doute comme nous, mais dont il est impossible de juger autrement que par analogie.

On ne sait pas à quoi rapporter les différences qui existent entre les saveurs. Les anciens (1) croyaient qu'elles tenaient à la forme des molécules sapides; qu'ainsi les molécules arrondies avaient une saveur douce, les molécules anguleuses une saveur piquante. Il paraît qu'elles tiennent plutôt à l'action chimique des corps sur les surfaces muqueuses qu'à l'action physique de leurs particules; du moins, cela

(1) Voy. Lucrèce, *De rerum natura*, lib. II, 398-430.

est incontestable pour les substances très énergiques, comme les acides concentrés. les alcalis, le sublimé corrosif, les divers caustiques, etc. Ce qui tend à le faire croire, c'est que la même substance n'a pas tout à fait la même saveur dans toutes les circonstances : un acide faible n'agit pas comme un acide concentré, ni un sel pur comme un sel mêlé à une certaine quantité d'eau. Du reste, la saveur d'un corps n'a rien d'absolu et de constant, parce qu'elle n'est point la même dans les diverses parties affectées à la gustation.

Les différentes saveurs qui sont agréables à l'homme ne paraissent pas toutes plaire aux animaux. La saveur salée plaît beaucoup aux herbivores, notamment aux ruminants, et la sucrée aux carnassiers; les saveurs acides, les saveurs piquantes des plantes aromatiques, celles des spiritueux, ne semblent pas beaucoup leur convenir.

De la sensation gustative. — Pour que la gustation s'effectue, plusieurs conditions doivent être remplies. Il faut : 1° que la substance sapide soit mise en contact immédiat avec l'organe du goût ; 2° que la surface de cet organe soit plus ou moins humectée ; 3° enfin, qu'il y ait action des nerfs chargés de recevoir l'impression des saveurs.

Le contact des matières sapides avec les surfaces gustatives est d'autant plus intime que ces matières se rapprochent plus de l'état liquide ou qu'elles sont plus divisées et plus solubles. Si elles sont ingérées en masse dans la bouche, elles ne développent complétement leur saveur que par suite de leur broiement et de leur agitation. Aussi, dès qu'une substance plaît à un animal, les mâchoires la mettent en mouvement et la divisent, la langue la porte dans toutes les parties de la cavité, et ces mouvements continuent tant que quelques parcelles impressionnent le sens du goût. La salive, versée alors plus abondamment, délaie ces substances, les dissout; elle donne à leur action son maximum d'énergie, comme aussi quelquefois elle l'affaiblit en les entraînant rapidement.

L'hypersécrétion salivaire qui coïncide avec la gustation n'a pas lieu dans toutes les glandes annexées à la cavité buccale. M. Cl. Bernard (1) a observé sur le chien que la sous-maxillaire est influencée par l'impression des saveurs, et que son action seule est exagérée dans cette circonstance. Mais de nombreuses expériences, faites sur les solipèdes et les ruminants, m'ont démontré que la sublingale jouit aussi du privilége attribué exclusivement à la maxillaire, et que les autres petites glandes à salive visqueuse fonctionnent de la même manière que ces dernières toutes les fois que des substances sapides sont mises en contact avec la muqueuse buccale (2). Ayant établi sur des chevaux des fistules aux canaux des parotides, des maxillaires, et disposé des appareils propres à recueillir la salive, j'ai vu, lorsque des substances telles que le sel, le gérofle, le vinaigre, étaient mises dans la bouche, les parotides rester inactives, tandis que les maxillaires versaient des quantités de liquide égales au quart, au tiers, et même à la moitié de leur produit normal pendant le repas. De semblables fistules, faites à des vaches et à des taureaux, ont donné à peu près les mêmes résultats. Des fistules aux canaux inférieurs des sublinguales de ces rumi-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1852, t. XXXIV, p. 236.

(2) Voyez mes *Recherches expérimentales sur la sécrétion de la salive chez les solipèdes* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1852, t. XXXIV, p. 327), et celles *sur la sécrétion salivaire des ruminants*, p. 681.

nants ont fait voir que ces dernières glandes agissent absolument comme les maxillaires sous l'influence de la gustation ; enfin, des ampoules adaptées à l'œsophage ont permis de constater que les matières très sapides doublent à peu près la quantité de fluides visqueux déglutis tant que dure l'abstinence. La salivation excitée par les impressions gustatives diminue beaucoup, pour peu qu'elles se prolongent, et elle se réduit à des proportions très minimes quand les mouvements de la langue et des mâchoires sont suspendus.

La gustation détermine donc une surexcitation des maxillaires, des sublinguales et des glandules à salive visqueuse, et ne produit pas d'effet sensible sur les parotides, au moins dans la plupart des circonstances; elle influence cependant quelquefois l'action de ces dernières, comme on peut s'en assurer en plaçant des aliments assez divisés dans la bouche des animaux dont les mâchoires sont maintenues rapprochées et immobiles : on voit alors les canaux parotidiens verser des quantités notables de salive, mais infiniment moindres que pendant la mastication. Cette sécrétion abondante de salive épaisse et visqueuse paraît avoir pour but, tantôt de rendre l'impression des substances sapides plus complète ; d'autres fois, de la rendre moins vive en les entraînant rapidement du côté de l'estomac ou au dehors de la cavité buccale.

Le contact des substances sapides avec les surfaces gustatives ayant été produit, par suite de leur division et de leur dissolution, elles peuvent impressionner les nerfs ramifiés dans le tissu de la muqueuse buccale. Les nerfs qui reçoivent cette impression ne sont pas encore parfaitement déterminés : Galien avait déjà établi vaguement que le lingual de la cinquième paire est le nerf de la gustation ; Willis, Vésale, Haller, partageaient la même opinion, qui compte encore des partisans. Aujourd'hui, beaucoup de physiologistes pensent que ce rôle n'appartient pas à lui seul, et plusieurs croient même que la gustation est tout à fait étrangère à la cinquième paire. Ce point controversé mérite d'être examiné.

La langue a une sensibilité tactile qui est tout à fait distincte de la sensibilité gustative, si bien que l'une peut persister, alors que l'autre est complétement détruite. M. Bérard (1) a cité plusieurs faits dans lesquels la langue, par suite de la lésion du trifacial ou du nerf lingual seulement, était devenue insensible aux piqûres, tout en continuant à être impressionnée par les saveurs. Il paraîtrait même qu'un semblable résultat aurait été obtenu dans les vivisections par divers expérimentateurs. De plus, Panizza a cru démontrer que le glosso-pharyngien est insensible aux excitants ordinaires, et qu'il est seulement impressionné par les saveurs : aussi, à cause de sa sensibilité spéciale, il le regarde comme le nerf de la gustation. D'un autre côté, M. Magendie s'appuyant sur ses propres expériences, prétend que le lingual est le nerf essentiel du goût, et qu'il préside à la fois à la sensibilité générale et à la sensibilité gustative. Le savant physiologiste fonde sa manière de voir sur ce que la section de la cinquième paire dans le crâne abolit en même temps la gustation et la sensibilité tactile dans la langue. Müller (2) est un peu moins exclusif ; il regarde le lingual comme le nerf principal du goût, mais il pense que le glosso-pharyngien n'est point étranger à cette sensation.

(1) *Cours de physiologie*, t. I, p. 663.
(2) *Manuel de physiologie*, 2e édit. Paris, 1851, t. II, p. 485.

Quel que soit le nerf affecté à la gustation, il est fort remarquable que cette sensation ne soit point éprouvée par toutes les parties de la muqueuse buccale. Si ce nerf est le lingual, comment se fait-il que les lèvres, les joues, les gencives, le palais, qui reçoivent des divisions de la cinquième paire, ne soient pas impressionnées par les saveurs? Si, au contraire, ce nerf est le glosso-pharyngien, pourquoi la faculté gustative n'est-elle pas localisée à la base de la langue et dans la cavité de l'arrière-bouche, c'est-à-dire aux régions dans lesquelles il se distribue ? Il faut avouer qu'il reste encore de l'obscurité à cet égard.

La sensation des saveurs est perçue, comme nous l'avons vu précédemment, par les hémisphères cérébraux. Dès que ceux-ci sont détruits, les substances les plus sapides cessent d'impressionner les parties les plus sensibles de la langue. Mais l'un d'eux suffit pour que la sensation continue à s'effectuer : une génisse à laquelle j'avais enlevé un des lobes cérébraux mangeait le foin qu'on lui portait dans la bouche et paraissait saliver comme à l'état normal. Aussitôt que l'autre lobe fut détruit comme le premier, l'animal gardait sans le mâcher le foin qu'on lui mettait entre les mâchoires, et il ne cherchait nullement à se débarrasser de l'aloès qu'on lui appliquait sur la langue ou à la face interne des joues.

La sensation que les matières sapides développent dans l'organe du goût résulte donc d'un contact immédiat entre ces matières déjà liquides ou dissoutes dans les fluides salivaires et les surfaces muqueuses. Elle est d'autant plus vive que le contact est plus parfait et plus étendu. Elle s'affaiblit à force de se continuer sans interruption, et change un peu de caractère sous l'influence de certaines causes. Ainsi, le même aliment, offert à l'organe du goût, paraît ne pas avoir une saveur identique dans toutes les conditions physiologiques, et une substance quelconque goûtée après une autre n'a pas tout à fait la même saveur. Le bœuf auquel on vient de faire manger du foin refuse la paille qu'il aurait prise si on la lui eût d'abord présentée. Du reste, son énergie dépend aussi probablement, chez les animaux, du degré d'attention apporté à l'exercice de la sensation. On sait que ceux qui sont pressés par la faim, et qui mangent avidement, prennent avec leurs fourrages des substances qu'ils en démêlent et rejettent très bien dans les circonstances ordinaires.

L'exercice du goût est intimement lié à celui de l'odorat. Les expériences de M. Chevreul (1) ont appris que diverses substances mises dans la bouche n'ont plus la même saveur quand, par accident, les narines sont fermées, que dans les circonstances ordinaires. Elles l'ont conduit à diviser les corps en quatre classes d'après les impressions qu'ils produisent sur la muqueuse buccale : la première comprenant ceux qui n'agissent que sur le tact de la langue : le cristal de roche, la glace; la seconde, ceux qui agissent sur le tact de la langue et l'odorat, comme les métaux odorants : l'étain, par exemple; la troisième, ceux qui portent leur action sur le tact de la langue et le goût : le sel marin, le sucre; enfin, la quatrième, les corps tels que les huiles volatiles, les matières aromatiques, qui influencent à la fois le tact de la langue, le goût et l'odorat. La liaison fonctionnelle qui existe entre la gustation et l'olfaction s'établit naturellement par la volatilisation de certains principes qui sont entraînés de la bouche dans les cavités nasales; elle est peut être ren-

(1) *Mémoires du Muséum*, 1823, t. X, p. 439.

due plus intime par l'appareil de Jacobson, si développé chez les herbivores, appareil que Cuvier (1) est porté à regarder comme servant probablement à faire distinguer à ces animaux les plantes vénéneuses mêlées à celles dont ils se nourrissent.

Ce sens est beaucoup plus sûr chez les animaux que chez l'homme, comme une infinité d'exemples le prouvent. On voit, en effet, que les herbivores ne s'empoisonnent pas dans les pâturages où abondent les plantes vénéneuses. Sans doute, ils sont guidés dans cette sélection par l'odorat, car ils n'ont pas besoin de prendre une plante pour s'assurer qu'elle est nuisible. Mais il est des circonstances où l'odorat ne peut servir d'auxiliaire à la gustation : le bétail des steppes de l'Amérique distingue parfaitement, pour se désaltérer, les eaux qui contiennent de faibles proportions de sel marin ou de sulfate de soude (2). Les espèces domestiques ont ce sens moins délicat que les espèces sauvages, peut-être parce qu'elles ont moins d'occasions de l'exercer; il leur est aussi moins utile. Toutefois il les guide sûrement, bien avant que l'éducation et l'habitude aient pu le modifier. Celles-ci l'altèrent souvent à un haut degré, et si profondément, que certains animaux finissent par manger avec plaisir des choses pour lesquelles ils avaient de l'aversion. F. Cuvier (3) a vu des phoques, naturellement si voraces, refuser de manger toute autre espèce de poisson que celle avec laquelle on avait commencé à les nourrir : l'un ne voulut jamais que des harengs; l'autre, que des limandes; le dernier se laissa mourir de faim lorsqu'il fut impossible de lui fournir la proie qu'il affectionnait. J'ai vu un cheval se laisser périr d'inanition plutôt que de toucher à de la chair cuite dont le goût était cependant agréable. Il n'est pas rare de voir des chiens refuser absolument de la chair crue, même après une longue abstinence. La perfection relative du goût varie, du reste, beaucoup dans les divers animaux. Ceux qui mâchent leurs aliments, ou qui sucent le sang, l'ont bien supérieure aux autres qui avalent leur proie entière ou qui vivent dans l'eau. Les oiseaux, les reptiles et les poissons paraissent avoir ce sens bien plus obtus que la généralité des mammifères, et parmi ces derniers on observe des différences notables, même entre des espèces très voisines. Mais il est bien difficile d'arriver à établir quelque chose de précis à cet égard. Pline (4) s'était déjà moqué des naturalistes qui prétendaient que les rats du Pont avaient ce sens très exquis, parce qu'il ne concevait pas comment on avait pu s'en assurer. Pour certains animaux domestiques, il est cependant facile de remarquer qu'il a une délicatesse qui n'existe pas chez tous : le chat, par exemple, qui retourne tant de fois un morceau de pain, et qui mange d'abord les parties recouvertes de graisse ou du suc d'un mets agréable, ne ressemble guère au porc qui dévore avidement tout ce qu'on jette dans son auge.

Le sens du goût n'est pas seulement un guide à l'aide duquel les animaux discernent les substances salutaires de celles qui sont nuisibles, il est encore un moyen d'excitation et de sympathie qui met en jeu ou qui augmente l'action de certains

(1) *Annales du Muséum*, 1811, t. XVIII.
(2) Boussingault, *Economie rurale*, 2e édit.
(3) *Observations zoologiques sur les facultés du phoque*, etc. (*Annales du Muséum*, t. XVII, p. 389).
(4) *Histoire des animaux*, liv. VIII, p. 177.

organes. Les impressions gustatives font affluer la salive dans la bouche, surtout celle des maxillaires et des sublinguales ; elles règlent par là l'imprégnation des aliments et disposent l'estomac à digérer ce qu'il reçoit. C'est encore là un exemple de ces actions qui s'harmonisent dans un but commun et s'associent pour servir à la fois à plusieurs fonctions différentes.

Il est susceptible d'éprouver diverses aberrations plus ou moins remarquables dont il sera question à l'article du régime des animaux.

III. DE L'OLFACTION.

L'odorat et le goût, dit Cuvier, sont les sens qui se rapprochent le plus du toucher : ce ne sont même que des *touchers exaltés*. L'odorat est donc le tact des odeurs, c'est-à-dire des substances volatiles que l'air apporte au contact de la pituitaire.

L'organe de ce sens ne diffère pas essentiellement du toucher ; il ne s'en distingue que par une plus exquise sensibilité et une sensibilité de nature spéciale, car il est évident que les nerfs de l'odorat ne sont pas plus susceptibles d'être impressionnés par les saveurs que ceux du goût par les odeurs. La sensibilité propre de chacun d'eux ne peut être mise en jeu que par une seule espèce d'excitants.

Jetons un coup d'œil sur les parties préposées à l'olfaction, sur les agents qui les impressionnent, avant de rechercher les caractères de la sensation.

De l'appareil de l'olfaction. — Il consiste, chez les grands animaux, en une cavité plus ou moins spacieuse tapissée par une membrane d'une étendue souvent très considérable, cavité que l'air traverse avant d'arriver à l'organe de la sanguification, et il est ainsi placé parce que ses fonctions sont principalement relatives à la respiration, comme celles du goût le sont à la digestion.

Le nez constitue la partie antérieure, l'ouverture de cette cavité ; il est plus ou moins proéminent suivant les animaux. Très peu détaché chez les herbivores en général, tels que les solipèdes, les ruminants, il prend de plus grandes proportions dans quelques espèces ; il s'allonge en une sorte de groin chez le porc, le sanglier, la taupe, la musaraigne ; forme une trompe plus ou moins développée dans les tapirs, les éléphants, et jouit dans les deux cas d'une mobilité qui lui permet de se tourner ou de se porter dans la direction des odeurs. Les cavités nasales qui continuent cette partie sont anfractueuses, séparées l'une de l'autre par une cloison osseuse en haut, cartilagineuse dans le reste de son étendue. Leur paroi externe, irrégulière, porte des cornets, et leur extrémité supérieure, des volutes plus ou moins déliées sur lesquelles se déploie la pituitaire. Elles communiquent avec des diverticules ou des cellules aériennes connues sous le nom de *sinus* : toutes ces parties n'ont point une disposition identique chez les divers animaux.

Les cavités nasales sont très amples chez ceux qui sont destinés à des allures rapides et qui ne peuvent respirer par la bouche. Ainsi, elles sont très larges chez le cheval, moins chez l'âne, le mulet, le bœuf et le mouton. Les cornets qui se trouvent sur leur paroi externe sont très grands chez les solipèdes. Le supérieur, dépendance du sus-nasal, est formé d'une lame papyracée roulée sur elle-même de haut en bas ; l'inférieur, par une lame roulée en sens inverse. Par en haut, ils con-

courent à la formation des sinus. Chez les ruminants, il n'y a qu'un seul cornet isolé portant une lame longitudinale au-dessus de laquelle il se roule en un sens, tandis qu'en dessous il se roule en sens opposé. Ce qui paraît correspondre au cornet supérieur n'est qu'une grande volute ethmoïdale. Ces cornets, bien qu'ils soient très grands, n'ont cependant pas une grande surface, parce que la lame simple qui les constitue ne décrit qu'un petit nombre de tours. Ceux de quelques animaux présentent une disposition fort remarquable qui multiplie leur surface dans des proportions considérables comme chez le chien, le lièvre et le lapin ; chacun d'eux forme un faisceau de cornets secondaires plus petits, plus déliés, représentant isolément de petits cônes ou des tubes semblables aux tuyaux des dentelles plissées. Par suite d'une telle conformation, la pituitaire qui les tapisse acquiert une délicatesse et une ténuité dont il est difficile de se faire une idée exacte. Aussi la plupart des animaux où ces particularités s'observent ont-ils l'odorat très fin. Les volutes ethmoïdales sont d'autres cornets encore plus nombreux et plus déliés qui occupent la région la plus supérieure des fosses nasales : leur nombre et leur finesse sont encore en raison directe de l'excellence de l'olfaction. Il suffit de jeter les yeux sur une coupe de la tête du chien et du cheval pour juger des grandes différences qui existent à cet égard entre ces deux espèces.

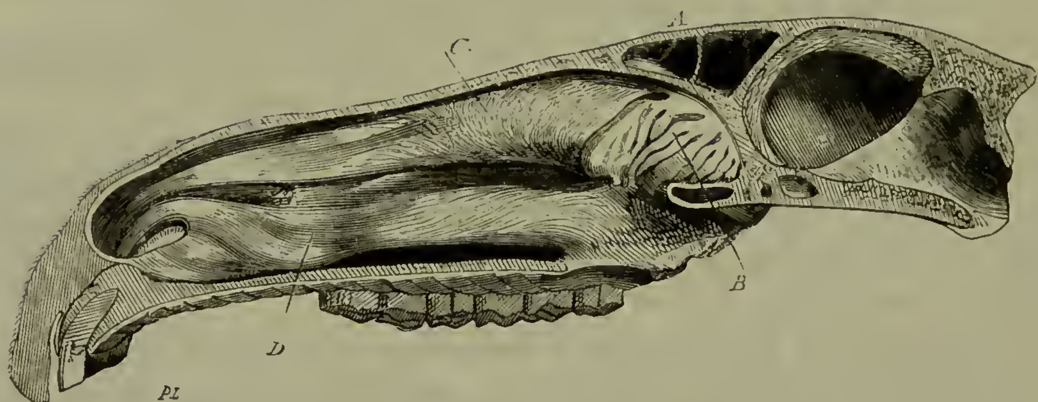


Fig. 10. — *Coupe longitudinale de la tête du cheval.*
A. Sinus frontaux. — *B.* Volutes ethmoïdales. — *C.* Cornet supérieur. — *D.* Cornet inférieur.

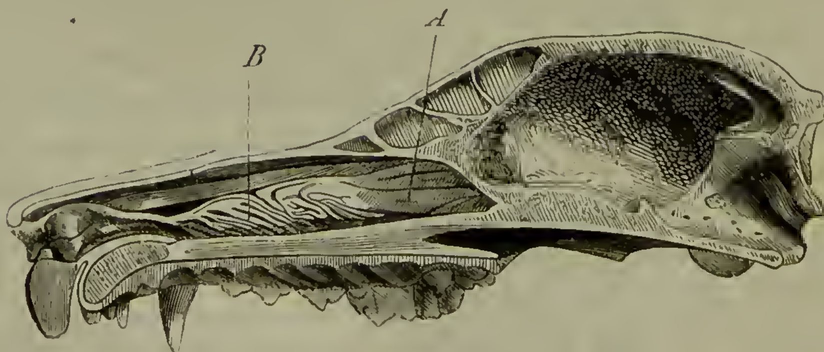


Fig. 11. — *Coupe de la tête du chien.*
A. Volutes ethmoïdales. — *B.* Masse des cornets.

Les sinus ne paraissent pas directement servir à l'olfaction, car la membrane qui en revêt l'intérieur n'a pas les caractères de la pituitaire dans les cavités nasales et

se trouve dépourvue de ramifications venant des nerfs olfactifs. Néanmoins ils peuvent y contribuer indirectement en renvoyant avec lenteur l'air qu'ils contiennent et qui est chargé de particules odorantes. On sait qu'ils sont très spacieux chez les ruminants à cornes creuses, chez l'éléphant, etc., et qu'ils communiquent avec les cavités nasales par une ou plusieurs ouvertures généralement étroites.

Sur les surfaces que nous venons d'indiquer, s'étale une membrane déliée appelée la *pituitaire*; elle est très vasculaire, pourvue de beaucoup de lymphatiques, parsemée de follicules que Sténon avait déjà observés chez le mouton, et qui sont fort nombreux à la partie antérieure des cavités nasales chez le cheval et chez le bœuf. On sait que cette membrane est très épaisse sur la cloison nasale, un peu moins sur les cornets, et qu'elle est d'une ténuité excessive sur les volutes ethmoïdales. Les nerfs qu'elle reçoit sont des branches du nerf nasal de la cinquième paire qui lui donnent une sensibilité tactile analogue à celle de la peau, et les nerfs olfactifs qui traversent la lame criblée de l'ethmoïde. Ces derniers sont les nerfs de la sensibilité spéciale.

L'organe de l'odorat offre de grandes variétés chez les animaux. Il paraît moins développé dans les oiseaux que chez les mammifères. Chez les oiseaux, bien que les cavités nasales aient une certaine ampleur, la pituitaire a peu d'étendue; elle ne se déploie que sur des cornets simples et sur quelques volutes à peine saillantes. Cependant ils ont des lobes olfactifs très développés qui semblent indiquer une grande délicatesse de l'olfaction. Et ce n'est peut-être pas à tort que Scarpa croyait que leur volume proportionnel pouvait donner la mesure de la perfection relative de ce sens. On les voit, en effet, bien plus petits parmi les gallinacés et les passereaux que chez les palmipèdes, les échassiers et les rapaces. Les reptiles n'ont également que des cavités nasales peu spacieuses, ce qui n'empêche pas certains d'entre eux d'avoir un odorat assez fin. Scarpa (1) assure que, si après avoir touché à des femelles de crapauds ou de grenouilles, on plonge les mains dans l'eau, on ne tarde pas à voir accourir les mâles qui se trouvent à quelque distance. Les poissons possèdent au-dessus de l'ouverture de la bouche deux fosses nasales au fond desquelles la pituitaire se divise en feuillets pénétrés par les ramifications des nerfs olfactifs. Ces cavités constituent chez la baudroie de petites coupes pédiculées fixées à la partie antérieure de la tête. Pour tous ces animaux aquatiques, les particules odorantes sont apportées dans les cavités olfactives par l'eau qui les tient en dissolution.

Les organes olfactifs existent encore chez les animaux invertébrés comme l'exercice du sens suffit à le démontrer. Tout le monde sait que c'est par le secours de l'odorat que les nécrophores découvrent les cadavres, que la mouche est avertie des lieux où elle peut déposer ses œufs, et que les mâles parviennent à trouver les femelles accidentellement enfermées. D'après Dugès, ces organes seraient les antennes pour les insectes, attendu que leur section lui a paru abolir le sens dont nous parlons. Suivant d'autres, les palpes seraient affectés au même usage; enfin, suivant quelques uns, Cuvier entre autres, les orifices des trachées ou le pourtour des stigmates seraient exclusivement préposés à cet office.

Des odeurs. — L'appareil que nous venons de rappeler est impressionné par des substances volatiles que l'air tient en suspension, et qu'il vient mettre en con-

(1) Dugès, *Traité de physiologie*, t. I, p. 151.

tact avec la pituitaire. Ces substances, très ténues, puisque certains corps peuvent en dégager pendant très longtemps sans perdre sensiblement de leur poids, constituent ce qu'on appelle les émanations odorantes, les odeurs.

Ces émanations viennent de substances minérales plus ou moins volatiles, le phosphore, l'ammoniaque, l'hydrogène sulfuré, et quelquefois de matières parfaitement fixes, soumises à l'action du frottement, de la chaleur ou de l'électricité. Les matières solides sont, en général, peu odorantes; les liquides et les gaz le sont davantage. Les substances organiques le sont presque toutes; chaque plante a dans sa racine, sa tige, ses feuilles, ses fleurs, son fruit, quelque principe odorant; de même dans chaque animal, le sang, les muscles, les divers tissus ou liquides, ont une odeur particulière plus ou moins prononcée.

Les odeurs sont excessivement nombreuses. Linné, Haller ont cherché à les classer. Elles paraissent pouvoir se rapporter, et surtout en ce qui concerne les animaux, à deux catégories: 1° les odeurs douces ou agréables; 2° les odeurs fétides ou désagréables.

Les odeurs agréables qui ne sont pas trop fortes proviennent, en général, de substances qui ne sont point nuisibles. Elles guident les animaux dans le choix de leurs aliments. Les odeurs fortes, désagréables, vireuses, nauséabondes, caractérisent le plus souvent les substances nuisibles que les animaux doivent repousser. Ainsi toutes les matières organiques qui se putréfient, la plupart des plantes vénéneuses, ont une odeur repoussante. Mais l'expérience démontre qu'il n'y a rien d'absolu à cet égard, que telle odeur qui impressionne agréablement un animal déplaît à un autre, et réciproquement. Néanmoins un certain nombre d'entre elles paraissent avoir une action commune. Ainsi l'odeur des fleurs, des herbes, des fourrages qui sèchent, ne semble déplaire à aucun. L'odeur de certaines plantes, celle de la cataire, de la valériane, est excessivement agréable aux chats.

Ce qu'il y a de très remarquable à cet égard, c'est que l'odeur de la chair, des substances animales déplaît généralement aux herbivores. Celle de la chair corrompue donne souvent des espèces de convulsions au cheval et met en fureur le taureau; l'odeur même si agréable de la chair rôtie lui inspire parfois une espèce d'aversion impossible à rendre, mais dont on juge bien à son expression et à ses mouvements. L'odeur de la chair du carnassier déplaît aussi aux individus de son espèce.

Il est des odeurs très désagréables, insupportables même pour certains animaux, odeurs qui ne déplaisent pas à d'autres ou qui en sont recherchées. Les odeurs cadavériques n'inspirent pas d'aversion au chien, au chacal, au vautour, au corbeau, tandis qu'elles éloignent les carnassiers qui vivent de proie vivante. L'odeur de putréfaction attire la mouche carnassière, les nécrophores, les carabes. Divers pucerons et autres insectes vivent sur les ciguës; la chenille d'un sphinx se fixe sur une euphorbe; le *Sylpha littoralis* vit dans les cuves à macérations; le *Scarabeus taurus*, dans la fiente du bœuf, etc.

De la sensation olfactive. — Les émanations odorantes n'impressionnent le sens de l'odorat que dans de certaines conditions. Il faut pour que la sensation s'effectue, que ces émanations soient apportées au contact de la pituitaire. Lower et Perrault ayant ouvert la trachée-artère à des animaux et détourné ainsi la marche normale de l'air, ont constaté que les odeurs cessaient d'agir sur la pituitaire. Cependant une simple trachéotomie n'abolit point l'olfaction: j'ai vu un cheval

entier, auquel j'avais pratiqué cette opération et voilé les yeux, flairer une jument et s'exciter auprès d'elle comme auparavant ; mais il ne paraissait sentir que très faiblement le foin ou l'avoine qu'on approchait de ses lèvres. Il faut, en second lieu, que la membrane soit humide ou recouverte d'un mucus susceptible de dissoudre les particules odorantes : si elle est sèche comme au début du coryza, l'impression des odeurs est affaiblie ou même abolie. Enfin, il est nécessaire que les nerfs olfactifs soient intacts et que le cerveau agisse. Nous verrons tout à l'heure comment peuvent s'interpréter les expériences qui semblent infirmer cette dernière proposition.

Il y a dans l'action du sens de l'odorat plusieurs degrés comme dans toutes les autres sensations. Dans l'un, cette action est faible et s'opère à l'insu de l'animal ; dans l'autre, elle est exagérée et portée à son maximum d'intensité. Elle n'a ce dernier caractère qu'autant que l'animal concentre son attention sur ce qu'il éprouve, ou en d'autres termes, qu'il flaire. Alors il porte le nez du côté par lequel lui arrivent les émanations, il dilate les naseaux, inspire fortement et à des intervalles très rapprochés, il témoigne par des hennissements le plaisir qu'il ressent. Tout le monde connaît le mouvement de la lèvre supérieure du cheval qui flaire la jument ; du taureau qui s'approche de la vache ; le frémissement de tous leurs muscles indique la volupté que leur font éprouver les émanations de la femelle. Si l'odeur leur est désagréable, ils témoignent leur aversion par d'autres mouvements. Le chien, le porc, flairent d'une manière analogue.

Le mécanisme suivant lequel les matières odorantes agissent sur le sens de l'olfaction est très simple. Les particules portées par l'air viennent se mettre en rapport avec les papilles de la pituitaire, elles se dissolvent dans la liqueur qui les humecte, et peuvent ainsi agir par contact sur les divisions nerveuses.

Quelles sont ces divisions qui reçoivent l'impression des molécules odorantes ? Sont-ce celles du nerf olfactif ou celles du nerf nasal, ou bien encore les deux espèces à la fois?

Les nerfs olfactifs sont les nerfs spéciaux du sens. Cependant ils manqueraient, d'après Cuvier (1), chez les dauphins où d'autres anatomistes les auraient rencontrés. Leurs divisions fines, molles, privées d'enveloppes névrilématiques, après avoir traversé les lames criblées de l'ethmoïde dont les perforations sont très nombreuses, se rendent dans la membrane qui recouvre les volutes et les cornets ; quelques unes, très apparentes dans le bœuf, le cheval et le mouton, vont se perdre, d'après Cuvier (2), dans la membrane de l'appareil de Jacobson. Elles ne paraissent pas se répandre dans le reste de la pituitaire.

Plusieurs physiologistes ont émis des doutes sur le rôle précis de ces nerfs. M. Magendie (3), les ayant détruits sur des chiens, a vu ces animaux continuer à sentir les odeurs fortes. Après l'ablation des lobes olfactifs, la pituitaire conserva sa sensibilité tactile et fut impressionnée par des substances telles que l'ammoniaque, les huiles volatiles : un chien qui avait subi cette mutilation, reconnut un morceau de chair enveloppé dans un cornet de papier. D'autre part, le savant physiologiste ayant observé qu'à la suite de la section de la cinquième paire dans le crâne, la sen-

(1) *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édit., t. III, p. 106.
(2) *Idem*, p. 693, 696, 721.
(3) *Précis de physiologie*, 4e édit., p. 160, et *Journal de physiologie*, t. IV.

sibilité de la pituitaire était éteinte, et que l'animal cessait d'être affecté par les odeurs, pense que, peut-être, le nerf olfactif n'est pas le nerf de l'olfaction, et que la cinquième paire donne à la membrane nasale, et sa sensibilité tactile et sa sensibilité olfactive. Mais ces expériences sont loin d'être assez concluantes pour retirer à la première paire le rôle qui semble si légitimement lui appartenir.

Quant à l'impression olfactive en elle-même, elle résulte d'une espèce de contact des molécules odorantes avec les divisions nerveuses, et cependant ces nerfs de la première paire sont insensibles aux piqûres, au contact des corps étrangers. L'impression transmise aux centres sensitifs est perçue par eux et constitue ainsi la sensation complète.

L'exercice du sens de l'odorat est subordonné à certaines conditions extérieures qui rendent la sensation plus faible ou plus énergique. La température de l'atmosphère influe beaucoup à cet égard. Par les temps froids, les effluves odorants se dégagent en moindre quantité, et les matières organiques qui se décomposent lentement n'émettent que très peu de principes volatils. Par les saisons chaudes, l'abondance des exhalaisons cutanées et pulmonaires, l'activité de la végétation, la rapidité des décompositions organiques, chargent l'air de particules odorantes que les vents transportent à de grandes distances. Aussi les espèces carnassières qui suivent leur proie à la piste, la découvrent-elles plus aisément quand les courants d'air dirigent vers elles ces émanations fugitives. La rosée dissout ces dernières, les fixe momentanément, puis les laisse dégager en s'évaporant ; enfin, la pluie les entraîne et fait perdre aux chiens les voies du gibier.

Cette sensation est beaucoup plus délicate chez les animaux que chez l'homme. « Leur odorat est si parfait, comme le dit Buffon (1), qu'ils sentent de beaucoup plus loin qu'ils ne voient ; non seulement ils sentent de très loin les corps présents et actuels, mais ils en sentent les émanations et les traces longtemps après qu'ils sont absents et passés. Un tel sens est un organe universel de sentiment, c'est un œil qui voit les objets non seulement où ils sont, mais même partout où ils ont été. » Cuvier prétend que ce sens est toujours plus développé et plus fin chez les carnassiers que chez les herbivores ; et il paraît en être ainsi pour ceux qui se nourrissent de proie vivante. Le contraire est quelquefois vrai pour ceux qui se repaissent de cadavres dont l'odeur impressionne même les animaux dont l'olfaction est obtuse. Parmi les carnassiers, le chien doit être cité comme donnant un exemple de cette exquise délicatesse. Tout le monde sait qu'il reconnaît la piste du gibier aux légères émanations dont l'homme et beaucoup d'autres animaux ne sont nullement affectés. Le loup, le renard se rapprochent du chien sous ce rapport. Personne n'ignore avec quelle sûreté ils découvrent les lieux où se trouve leur proie ; comment ils reconnaissent, aux traces de l'homme, les endroits où on leur a tendu des piéges, et savent distinguer la chair où l'on a placé du poison de celle qui ne peut leur nuire. Le porc sait, par le secours de l'odorat, trouver la truffe que le sol cache à une assez grande profondeur. Les herbivores eux-mêmes montrent souvent une grande finesse d'odorat : c'est ainsi que les dromadaires employés aux transports dans les déserts découvrent les sources à des distances considérables, et se dirigent vers elles, bien avant que les voyageurs les aperçoivent. Les vaches qui séjournent dans

(1) *Discours sur la nature des animaux* (*Histoire naturelle*, t. IV, p. 50, édit. citée).

les vastes pâturages, comme ceux des montagnes d'Auvergne, savent bientôt, d'après M. Girard (1), reconnaître de loin les lieux où elles trouveront de quoi se désaltérer, et distinguer l'approche des loups. Ces faits peuvent être vrais, mais il reste à savoir si c'est par l'odorat, et par l'odorat seul, que les animaux acquièrent ces connaissances.

Les oiseaux ont aussi quelquefois l'odorat assez fin, bien que leurs cavités nasales paraissent petites et moins bien organisées en ce qui se rapporte à l'olfaction que celles des mammifères ; mais il ne faut pas en donner pour preuve le fait si célèbre des vautours qui vinrent d'Asie dans les champs de Pharsale, attirés par les cadavres qu'y laissèrent les armées romaines. Les reptiles, les poissons et les animaux invertébrés les moins imparfaits ont souvent le sens de l'olfaction aussi impressionnable que beaucoup d'animaux supérieurs.

Ce sens est un guide précieux pour les animaux, la source de diverses impressions pénibles ou agréables, le point de départ d'un grand nombre de déterminations instinctives ou réfléchies. D'abord, il est le sens explorateur de l'air, et se lie, par là, intimement aux fonctions respiratoires. Il indique aux animaux les lieux qu'ils doivent fuir, pour éviter des émanations malfaisantes. Suivant le caractère de la sensation produite, on voit alors se manifester certaines perturbations dans les mouvements respiratoires, notamment des expirations saccadées et bruyantes comme celles du taureau qui entre dans un milieu où se dégagent des émanations cadavériques. L'action exercée sur la muqueuse bronchique et pulmonaire s'allie encore à l'impression olfactive pour provoquer ces effets. Une vipère plongée, par exemple, dans un vase contenant de l'hydrogène sulfuré, se contracte si énergiquement, que les côtes droites viennent chevaucher sur les côtes gauches, de manière à affaisser complétement le poumon.

Il se lie ensuite au sens du goût pour faire reconnaître les aliments qui conviennent à chaque espèce. Il a toujours la préséance sur ce dernier, et les notions qu'il donne sont habituellement si sûres, qu'elles n'ont pas besoin d'être contrôlées et complétées par celles que peut fournir la gustation. Pour les animaux carnassiers, il est un moyen de découvrir une proie à de grandes distances, d'en suivre les traces, d'en trouver la retraite. C'est bien alors qu'il est comparable à un œil qui voit les objets où ils sont, où ils étaient, ou bien à une main qui touche à ce qui est éloigné, à ce qui a disparu comme à ce qui est insaisissable. Ce sens si précieux pour ceux qui sont exposés aux piéges de l'homme les sert admirablement dans cette circonstance. « Si c'est un homme qui les attend au passage, dit G. Leroy, ils l'éventent, le reconnaissent et se détournent. Si c'est un piége qu'on leur ait tendu, il a beau être couvert et caché avec le plus grand soin d'un appât séduisant, il suffit que l'odeur du fer ou de l'homme qui l'a touché se fasse sentir, pour que les carnassiers soient avertis du danger et s'y soustraient par la fuite. »

Enfin, il devient l'agent d'une foule d'impressions relatives aux fonctions reproductrices. C'est lui qui fait découvrir aux mâles les femelles très éloignées, leur apprend à les distinguer sans les voir des femelles appartenant à d'autres espèces. C'est par lui qu'ils reconnaissent le rut ou l'état de plénitude de ces dernières, et s'excitent auprès d'elles. Il est alors le point de départ de la plupart des sensations qui éveillent et exaltent l'activité des organes sexuels.

(1) *Anatomie vétérinaire*, t. II, p. 427, 4e édit.

IV. DE L'AUDITION.

Destiné à recevoir les impressions produites par les vibrations que les corps éprouvent et qu'ils transmettent à l'atmosphère, le sens de l'ouïe donne à l'animal des notions nouvelles sur la présence des objets, leur distance et leurs mouvements.

Appareil de l'audition. — Cet appareil compliqué qui recueille les ondes sonores, les propage à une cavité membraneuse dans laquelle s'épanouit le nerf auditif, est formé de diverses parties qui sont, de l'extérieur à l'intérieur : 1° un pavillon cartilagineux résultant de l'union de plusieurs pièces mises en mouvement par un grand nombre de muscles ; 2° une cavité dite *tympanique*, renfermant une chaîne d'osselets tendus entre deux fenêtres fermées par des membranes ; 3° une seconde cavité connue sous le nom de *labyrinthe*, comprenant le limaçon, le vestibule et les canaux semi-circulaires.

Le pavillon de l'oreille, qui manque à un grand nombre d'animaux, est une partie tout à fait accessoire. Il est formé de trois cartilages : le conchinien, l'annulaire et le scutiforme, dont l'ensemble représente généralement un cornet ouvert obliquement en avant et en dehors. Très grand dans l'âne, le porc, le lièvre. le lapin et la plupart des animaux timides, il est plus ou moins redressé dans le chat, le chien de berger, le sanglier; incliné ou pendant chez le bœuf, le mouton, la chèvre et l'éléphant. Sa direction, très variable, a semblé en rapport avec le genre de vie et les besoins des espèces : elle n'est point dans celles qui chassent comme dans celles qui fuient. Les premières ont l'ouverture de la conque tournée en avant, afin de mieux saisir la trace de leur proie ; les secondes l'ont dirigée en arrière, puisque le bruit de leurs ennemis leur arrive en ce sens. Ce pavillon, rétréci à sa base, embrasse le méat auditif qui forme tantôt un tube osseux plus ou moins long, droit ou incurvé, comme on le voit dans les solipèdes et les ruminants, et tantôt une simple ouverture ovalaire comme dans les carnassiers.

Le tympan, placé entre le méat auditif et le rocher, constitue une cavité déprimée de dehors en dedans chez les solipèdes. A sa paroi extérieure se trouve la membrane du tympan fixée à un cercle osseux incomplet, de la circonférence duquel partent une série de lames rayonnantes qui viennent aboutir sur le rocher. Sa paroi interne, inégalement convexe, offre en haut la fenêtre ovale fermée en grande partie par la base de l'étrier ; en arrière et un peu plus bas, la fenêtre ronde ; entre les deux, le promontoire, éloigné de 4 à 5 millimètres de la membrane tympanique ; en dessous, le relief du limaçon ; et enfin, tout à fait en avant, l'orifice supérieur de la trompe d'Eustache dont le pavillon s'accole à l'apophyse styloïde. Cette cavité, très grande chez le bœuf, par suite du développement énorme des cellules mastoïdiennes, se trouve divisée, chez le chat, en deux compartiments inégaux, au moyen d'une lame osseuse mince, perforée et parallèle au cercle du tympan : l'un d'eux, l'externe, contient la chaîne des osselets ; l'autre, plus grand, correspond à la fenêtre ronde et à une moitié de la saillie du limaçon.

Entre la membrane du tympan et la fenêtre ovale, s'étend la chaîne tympanique composée de quatre osselets articulés : le marteau, l'enclume, le lenticulaire et l'étrier. Le premier, courbé sur lui-même presque à angle droit, est fixé par

son manche à la membrane du tympan ; il s'articule par une large surface de son extrémité renflée avec l'enclume. Ce second osselet, situé dans la région la plus élevée de la caisse, porte en avant une éminence terminée en pointe, et en arrière une seconde éminence plus longue et plus courbée que la première, pour se mettre en rapport avec le lenticulaire. Celui-ci, très petit, déprimé, se trouve au niveau même du promontoire. Enfin, l'étrier, logé dans l'excavation de la fenêtre ovale, offre un petit disque sur lequel repose le lenticulaire, et à son extrémité opposée un autre disque bien plus grand, destiné à fermer à peu près complétement la fenêtre vestibulaire.

Ces osselets sont pourvus de petits muscles sur l'existence et le nombre desquels on n'est pas encore bien fixé. Cuvier en décrit quatre : trois pour le marteau et un pour l'étrier ; de Blainville et Breschet, deux seulement. Les solipèdes en possèdent deux très distincts et pourvus d'une partie charnue assez considérable. Le premier, ou le muscle interne du marteau, est allongé, cylindroïde, couché dans une scissure sur le trajet de l'aqueduc de Fallope, au bord antérieur de la cavité tympanique. Il naît près de l'orifice de la trompe d'Eustache en confondant ses fibres avec celles du stylo-pharyngien, et va se terminer par un petit tendon à l'apophyse aiguë du col du marteau. Son action est évidemment de tirer le premier osselet vers le rocher, et par conséquent de tendre la membrane du tympan. Le muscle de l'étrier, très court, renflé, charnu et très rouge à sa base, est logé dans une profonde excavation au-dessus du promontoire, puis recouvert d'une lame fibreuse qu'il faut détruire pour l'apercevoir. Son tendon, pourvu d'un noyau osseux miliaire, passe sur une éminence grêle en arrière de la fenêtre ovale, et vient s'insérer à la branche postérieure de l'étrier, tout près du lenticulaire. Quant aux muscles externes et antérieurs du marteau, ils existent réellement : l'un vient s'insérer tout près de l'interne, et l'autre à une pointe aiguë de l'extrémité renflée du premier osselet, mais ils sont entièrement tendineux, ainsi que M. Müller l'a vu chez l'homme. Dans les ruminants, le muscle tenseur du tympan est énorme, conique et enfoncé dans une excavation antérieure à la fenêtre ovale ; le muscle de l'étrier, également très considérable, offre à l'extrémité terminale de son tendon une ossification un peu plus grande que celle du cheval (1). Ces deux muscles, qui sont encore très développés dans le chien et le chat, paraissent les plus essentiels à l'audition. C'est bien à tort que M. Magendie et Dugès ont dit qu'ils étaient remplacés, dans les mammifères autres que les singes, par des brides élastiques et tendineuses faisant l'office de muscles en contraction permanente.

Sur un plan plus interne que la caisse du tympan, se trouvent plusieurs cavités communiquant les unes avec les autres et constituant par leur ensemble le labyrinthe osseux ; ce sont : le limaçon, le vestibule et les canaux semi-circulaires.

Le limaçon ou cochlée, dont la base est située en haut et en arrière, au niveau de la fenêtre ronde, forme par sa paroi externe une légère saillie oblique dans la cavité tympanique. Il est divisé en deux compartiments par une lame spirale, osseuse du côté de l'axe sur lequel elle s'enroule, et membraneuse à la circonférence, lame qui décrit trois tours dont le premier est beaucoup plus grand que les deux

(1) Dugès signale ces concrétions sésamoïdes dans les muscles de la chaîne tympanique du bœuf et du cheval. (*Traité de physiologie comparée*, t. I, p. 183.)

autres. Le compartiment supérieur ou la rampe vestibulaire communique avec l'inférieur ou rampe tympanique, près de la pointe du limaçon. Leur intérieur est rempli par un fluide séreux, transparent, immédiatement en contact avec les nombreuses divisions nerveuses étalées à la surface de la lame spirale. Ce fluide est de même nature que celui qui baigne les parties molles renfermées dans le vestibule et les canaux semi-circulaires.

Le vestibule, placé en regard de la fenêtre ovale, constitue une cavité en coquille recourbée sur elle-même, communiquant inférieurement avec le limaçon et recevant en haut les orifices des canaux semi-circulaires.

Ceux-ci peuvent être distingués, chez les solipèdes, en externe, interne et postérieur. Le canal externe, le plus petit, est vertical et presque parallèle à la face externe du rocher. L'interne, moins vertical que le précédent, est oblique du côté du crâne; enfin, le postérieur, à peu près horizontal, dirige sa convexité en arrière. Ces trois canaux viennent s'ouvrir par quatre orifices dont deux doubles au-dessous et en arrière de la fenêtre ovale, pour le canal postérieur, la branche inférieure du canal interne et l'inférieure de l'externe ; les deux autres, simples en dessus et en avant de cette fenêtre, pour les branches supérieures des canaux externe et interne.

Le labyrinthe membraneux, composé de trois tubes, de l'utricule ou sinus médian, et du sac, est contenu dans les canaux semi-circulaires et le vestibule, qu'il ne remplit pas complétement. L'espace laissé entre ces parties molles et les parois internes du labyrinthe osseux est occupé par un fluide séreux, limpide, connu sous le nom de *lymphe de Cotugno* ou de *périlymphe*.

Les tubes membraneux des canaux semi-circulaires n'ont pas le même diamètre que ces canaux. Leur surface externe est séparée des parois de ces derniers par la périlymphe qui existe en grande quantité dans la cavité vestibulaire. A leurs extrémités, ils se dilatent pour former des ampoules et s'ouvrir dans l'utricule. Leurs parois, extrêmement minces, sont pénétrées par des divisions nerveuses anastomotiques très ténues, destinées à recevoir l'impression des ondes sonores ; enfin, leur cavité est pleine d'un liquide communiquant avec celui de l'utricule et du sac.

L'utricule, ou sinus médian, est la poche à parois presque transparentes qui occupe la partie supérieure du vestibule et reçoit les orifices des tubes semi-circulaires. Sa cavité est pleine de liquide, et ses parois, pénétrées par une infinité de filets nerveux, offrent à leur face interne un petit amas de poudre calcaire signalé par Breschet, et très apparent chez le cheval et les animaux ruminants. Au-dessous de l'utricule, entre elle et le limaçon, se trouve la petite cavité connue sous le nom de *sac* ou *saccule*, contenant un liquide semblable à celui de la première poche avec laquelle elle paraît communiquer par une petite ouverture.

L'appareil de l'audition, ainsi constitué chez les mammifères, n'offre pas, à beaucoup près, dans tous les animaux, le même degré de complication. Sa partie fondamentale, qui persiste alors que tous les accessoires disparaissent successivement, consiste en une poche à parois membraneuses dans lesquelles s'épanouissent les ramifications terminales du nerf auditif. Cette poche pleine de liquide, réduite à sa plus simple expression dans la plupart des mollusques et des articulés, s'entoure déjà, chez les céphalopodes, d'un réservoir cartilagineux, et laisse voir dans sa cavité des concrétions solides plus ou moins volumineuses. Chez les poissons, il n'y a en-

core ni cavité tympanique, ni limaçon, mais il y a un vestibule contenant des concrétions calcaires, et de plus, un, deux, ou trois canaux semi-circulaires. Chez les reptiles, ou du moins chez une partie d'entre eux, il y a, entre le vestibule et les canaux, une caisse du tympan, des osselets et des fenêtres. Enfin, chez les oiseaux apparaissent, avec quelques différences, toutes les parties qui caractérisent l'appareil auditif des mammifères ; seulement la chaîne des osselets y est plus simple, et le limaçon tubuleux n'y est point tordu en spirale, ni divisé en deux rampes par une lame ostéo-membraneuse.

Mécanisme de l'audition. — L'appareil auditif, dont je viens de rappeler la disposition essentielle, est impressionné par les mouvements vibratoires produits dans les corps, propagés dans l'air et transmis aux parties profondes où s'épanouissent les dernières divisions du nerf acoustique.

Tous les corps, solides, liquides ou gazeux, sont susceptibles de vibrer et, par conséquent, de devenir sonores. Les solides et les gaz jouissent surtout de cette faculté.

Les vibrations qui donnent naissance au son résultent d'un déplacement oscillatoire des molécules d'un corps. Dès que ces molécules ont été déplacées, soit par leur rapprochement, soit par leur écartement, elles tendent à revenir à leur situation normale, et en y revenant elles la dépassent, d'où une série d'oscillations comparables à celles du pendule. Celles-ci peuvent se développer dans l'air ou être communiquées à ce fluide par le corps dans lequel elles s'effectuent, sans que leur nature éprouve de modification.

Les oscillations moléculaires donnent lieu à la formation d'ondes sonores dites : *stationnaires*, quand elles sont circonscrites dans des limites déterminées ; *progressives*, quand elles s'étendent graduellement du point ébranlé aux parties de plus en plus éloignées. On les appelle *ondes de condensation* si elles résultent du rapprochement des molécules ; *ondes de dilatation*, si elles proviennent de leur écartement ; enfin, *ondes d'inflexion*, si elles produisent à la surface d'un corps une série d'élévations et de dépressions alternatives. Leur caractère dépend, non seulement du genre de mouvement imprimé aux corps, mais encore de la forme de ces derniers. Dans une sphère, il s'effectue des ondes raréfiées alternant avec des ondes dilatées ; dans une lame métallique, dans une corde, des vibrations longitudinales et des vibrations transversales ; à la surface d'un liquide, des ondes d'inflexion ; au sein de l'atmosphère, des ondes progressives, etc.

Les ondes sonores se propagent dans l'air avec une vitesse de 340 mètres par seconde ; elles s'entrecroisent sans se confondre, et sont réfléchies par les corps solides d'après les lois de la réflexion du calorique et de la lumière.

Tous les mouvements vibratoires ne sont pas susceptibles d'impressionner le sens de l'ouïe. Quand ils sont très lents, ils n'ont plus de sonorité. Les recherches des physiciens ont démontré que les vibrations ne deviennent sonores qu'autant que leur nombre s'élève au moins à 35 par seconde. De leur amplitude et de la différence qui existe entre les ondes dilatantes et les ondes condensantes, dépend l'*intensité* du son qui peut être modifié par plusieurs causes. De leur nombre dans un temps donné dépend la *hauteur* du son : les sons graves résultent d'un petit nombre de vibrations, et les sons aigus d'un nombre plus considérable. Le *timbre* est une

qualité du son, dont la cause n'est pas encore parfaitement déterminée. Il varie à l'infini suivant la nature des corps qui vibrent et le mode de vibrations qu'ils produisent.

Les ondes sonores développées dans l'atmosphère se propagent aux organes de l'audition, d'après les lois ordinaires de leur propagation dans les milieux solides, liquides ou gazeux. Suivons-les successivement jusqu'aux parties les plus profondes de l'appareil.

L'oreille externe ou le pavillon reçoit les ondes, les rassemble et les transmet au conduit auditif. D'abord ce cornet les rassemble, et d'autant mieux qu'il est plus large et plus évasé ; ensuite il en infléchit une partie sur ces courbes les plus légères ; enfin, il réfléchit vers la membrane du tympan celles qui viennent frapper ses inégalités les plus saillantes. L'influence que peuvent avoir sur son rôle de transmission ses variétés de forme et de direction sont difficiles à apprécier. A cet égard, il faut remarquer que les animaux qui ont l'ouïe délicate, ont généralement les oreilles plus ou moins droites, et que ceux qui cherchent à écouter redressent cette partie, si elle est inclinée. Elle est d'autant plus favorablement disposée pour recueillir les ondes, que son ouverture est tournée du côté par où elles viennent. Aussi, dès que l'animal entend du bruit, il porte les oreilles dans le sens où ce bruit paraît lui arriver, afin d'en mieux reconnaître le point de départ et la direction. Le cheval aveugle, qui ne juge plus des objets à distance que par l'ouïe et l'odorat, a les oreilles presque constamment agitées. Les animaux qui poursuivent une proie les ont dirigées en avant; ceux qui fuient les ont, au contraire, tournées en arrière, du moins dans la plupart des cas, ainsi que les naturalistes en ont fait l'observation. Cette partie n'a, du reste, qu'une importance très accessoire, car elle manque dans la taupe, les cétacés, les oiseaux, et tous les vertébrés inférieurs, dont quelques uns cependant ont l'ouïe très fine. Les inconvénients qui paraissent alors résulter de son absence sont compensés probablement par des dispositions anatomiques favorables à l'audition.

Les ondes que le pavillon de l'oreille a rassemblées sont transmises par le méat auditif à la membrane du tympan, soit directement, soit après avoir éprouvé diverses inflexions et réflexions sur les courbes et les inégalités de la conque. Elles ont très peu de chemin à faire dans les espèces dont le conduit auditif est court, et dans celles où il est remplacé par une simple ouverture au niveau de la membrane tympanique, comme on le voit chez le chien, le chat et d'autres carnassiers. Elles parcourent un trajet plus considérable chez les solipèdes, les grands ruminants et plusieurs pachydermes, tels que le porc et le sanglier, qui ont le méat auditif très allongé, courbé sur lui-même, et parfois strié suivant le sens de sa longueur. Ce conduit, de même que le pavillon, transmet les ondes directement, ou bien il les infléchit s'il est courbé, et les réfléchit en partie si elles lui parviennent obliquement. De plus, quand il est osseux, il vibre lui-même et communique ainsi ses propres vibrations au cercle du tympan, et par conséquent à la membrane tympanique. Il agit alors comme toutes les autres parties du crâne, qu'elles soient pleines ou creusées de sinus aériens.

Les ondes sonores, une fois parvenues dans le fond du méat auditif, frappent la membrane du tympan et la font entrer en vibrations. Celle-ci, toujours oblique, relativement à l'axe du conduit, forme un angle très aigu avec cet axe chez le cheval

et les ruminants. Elle éprouve des vibrations qui donnent lieu, comme celles de toutes les membranes tendues, à des ondes d'inflexion et à des ondes de condensation : les premières, résultant du choc opéré à sa surface ; les secondes, des mouvements qui lui sont communiqués par l'intermédiaire des parties solides de l'oreille. L'aptitude de la membrane du tympan à vibrer dépend de sa tension. Savart a constaté que le sable fin éparpillé sur une membrane est projeté plus loin quand elle est lâche que quand elle est tendue, et il a conclu de ce fait que la tension de la membrane tympanique, au lieu de renforcer le son, ne sert qu'à l'affaiblir. Müller, qui partage la même opinion, fait remarquer que lorsqu'on tend la membrane en faisant une forte expiration, alors que le nez et la bouche sont fermés, l'audition devient très imparfaite. Cette tension affaiblit les sons graves, d'après les observations de Wollaston, mais elle est moins défavorable à la transmission des sons aigus. Elle peut être augmentée par la contraction du muscle interne du marteau, si volumineux dans les ruminants, les carnivores, et même les animaux solipèdes. Cette contraction que l'on a assimilée à celle de l'iris et des paupières, est mise en jeu par une action réflexe des centres nerveux. Elle serait même volontaire selon Fabrice d'Aquapendente et Müller (1), et aurait pour but d'éviter l'impression pénible de sons trop intenses. Son usage, pour M. Longet, est seulement de maintenir la membrane à un état convenable de rigidité, et d'empêcher qu'elle ne se détende sous l'influence des variations hygrométriques de l'atmosphère.

On a voulu attribuer aux variétés dans la forme et la direction de la membrane du tympan les différences d'aptitude des animaux à être impressionnés, les uns très fortement par les sons graves, les autres au contraire très vivement par les sons aigus. Il paraît, en effet, que les membranes larges conviennent aux sons graves, et les petites aux sons aigus. Mais on ne voit pas bien comment une différence de quelques millimètres dans la largeur du tympan peut suffire à changer l'impressionnabilité des animaux pour tels ou tels sons. De même, on ne découvre pas bien l'influence que peut avoir sur cette faculté une forme circulaire ou plus ou moins elliptique. Toutefois il est à noter que chez les solipèdes la membrane est très elliptique ; qu'elle l'est beaucoup moins chez les ruminants et les carnivores, et à peu près ronde dans le porc. La brebis, qui l'a ellipsoïde, s'est montrée très sensible aux sons graves, dans les expériences de Kœrner ; l'éléphant et le lion seraient, d'après Cuvier, plus impressionnés par ces derniers que par les sons aigus. Le lion entrerait même en fureur sous l'influence des sons très graves, et resterait indifférent aux autres. Cette impressionnabilité, très variable, peut bien tenir à d'autres causes que celles qui ont été indiquées, puisqu'elle a offert des caractères opposés chez des animaux dont la membrane du tympan avait une forme et une étendue à peu près semblables.

La membrane du tympan n'est point tout à fait indispensable à l'audition. Esser (2) a vu des chiens chez lesquels elle avait été détruite artificiellement continuer à entendre. Plusieurs même avaient acquis une telle sensibilité, que certains bruits leur

(1) *Manuel de physiologie*, 2ᵉ édit., t. II, p. 432.

(2) *Mém. sur les fonctions des diverses parties de l'organe auditif* (*Archives générales de médecine*, 1834, t. XXVI, p. 305 et 463).

arrachaient des hurlements plaintifs. M. Flourens (1) l'a enlevée complétement à des pigeons dont l'ouïe n'a pas éprouvé d'affaiblissement sensible. Elle manque, du reste, dans plusieurs reptiles où elle est remplacée par la peau qui passe sur le méat auditif.

Les vibrations produites dans la membrane du tympan se transmettent, d'une part à la chaîne des osselets, et de l'autre à l'air qui remplit la cavité tympanique. La chaîne des osselets, fixée par une de ses extrémités à la membrane du tympan, et par l'autre à la fenêtre vestibulaire, constitue la voie la plus essentielle de la propagation des ondes sonores aux liquides du labyrinthe. L'air du tympan n'est qu'une voie accessoire destinée à les propager à la fenêtre ronde.

La chaîne tympanique, tout à fait libre à son pourtour, ne trouve pas autour d'elle d'obstacle à ses vibrations. Formée par de petits os très denses, elle transmet les ondes, comme le font tous les corps solides, et elle le fait aussi bien que si elle n'était composée que d'une seule pièce. Les vibrations de la membrane du tympan se communiquent au manche du marteau, passent à l'extrémité renflée de cet osselet, et de là à l'enclume et au lenticulaire ; puis se divisent dans les deux branches de l'étrier pour se réunir enfin de nouveau à la platine de ce dernier qui les propage aux fluides du labyrinthe par l'intermédiaire de la membrane qui ferme la fenêtre vestibulaire. Les ondes qui se propagent dans les osselets sont, d'après Müller, des ondes condensantes. Elles auraient le même caractère si la chaîne était formée d'un seul os, ou si, au lieu d'être coudée en divers sens, elle eût été tout à fait rectiligne. L'utilité de plusieurs pièces osseuses, de leur direction sinueuse, de leurs formes si variées, reste problématique. Elle remplit parfaitement son office chez les batraciens où elle ne se compose que de deux pièces, et chez les oiseaux (2) où il n'y en a qu'une seule, formée, à la vérité, de deux branches pourvues de petites apophyses cartilagineuses.

La chaîne des osselets, outre son rôle de transmission des ondes sonores, a encore pour office de régler la tension de la membrane du tympan et celle de la lame membraneuse qui obture la fenêtre ovale. Cet usage, qu'on pourrait croire peu important, puisqu'il ne peut être rempli dans certains animaux, la baleine, par exemple, où le marteau ne vient pas se mettre en rapport avec la membrane du tympan, n'en est pas moins réel, surtout chez les espèces qui possèdent des muscles. Et nous avons vu que tous nos animaux domestiques ont le muscle interne du marteau et celui de l'étrier composés d'une quantité considérable de fibres charnues. Ces muscles peuvent, conséquemment, en se contractant, imprimer divers degrés à la tension des membranes du tympan et à la fenêtre ovale.

La fonction des osselets étant très importante, on conçoit que leur destruction doit affaiblir beaucoup le sens de l'ouïe. On a observé, en effet, que leur chute rend chez l'homme l'audition très imparfaite ; mais comme cette chute s'accompagne d'autres lésions, il est assez difficile de faire la part exacte des troubles qu'elle entraîne. Les expériences de M. Flourens, faites sur des pigeons, ont montré que la

(1) *Recherches expér. sur les prop. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit., p. 411 et suiv.

(2) Breschet et d'autres retrouvent cependant chez ces animaux l'analogue des quatre osselets des mammifères.

destruction totale de la chaîne affaiblissait beaucoup l'audition, tandis que sa destruction partielle (l'étrier étant conservé) ne l'affaiblissait pas très sensiblement.

La seconde voie que la cavité tympanique offre à la transmission des ondes sonores, est l'air qu'elle renferme. Cette cavité, plus ou moins vaste, simple ou divisée en plusieurs compartiments, à parois tantôt unies, tantôt anfractueuses, joue par le fluide qu'elle contient un rôle qui n'est pas tout à fait accessoire. D'abord, elle isole les osselets, et les met dans les meilleures conditions possibles pour qu'ils puissent effectuer sans affaiblissement et sans diffusion la transmission des ondes. Sans la présence de l'air dans son intérieur, « la membrane du tympan et les osselets ne pourraient remplir leur destination. Sans elle, les vibrations de la membrane ne seraient pas libres, et les osselets ne seraient pas isolés comme ils doivent l'être pour effectuer une transmission concentrée (1). » La cavité tympanique, si vaste dans certains animaux, tels que les grands ruminants, si restreinte dans d'autres, est toujours en communication avec l'arrière-bouche par le moyen d'un tube cartilagineux ou membraneux qu'on appelle la *trompe d'Eustache*.

Sa fonction la plus essentielle est de permettre à l'air de la caisse de se renouveler et de se mettre en équilibre de pression avec l'air extérieur. Sans cette communication, lorsque la pression atmosphérique augmenterait, la membrane serait refoulée du côté de la caisse, et cette membrane serait poussée en sens inverse lorsque l'air du tympan viendrait à se raréfier. Dans les deux cas, l'audition deviendrait difficile, ainsi qu'on peut s'en assurer sur soi-même, en faisant une inspiration ou une expiration profonde, après s'être fermé le nez et la bouche. On a attribué encore d'autres fonctions à la trompe. Esser a prétendu qu'elle était indispensable pour que l'air de la caisse pût entrer en vibration, mais c'est une erreur, puisque ce fluide vibre parfaitement dans un espace fermé. Quelques physiologistes ont pensé qu'elle servait à faire entendre à l'animal sa propre voix. Sans doute, lors de la phonation, les ondes sonores produites dans le larynx et le pharynx peuvent se transmettre à la caisse par les trompes, mais on ne voit pas que cette propagation directe soit bien utile, dès l'instant que les vibrations aériennes, une fois développées, viennent frapper l'oreille, comme si elles avaient pour point de départ la voix d'un autre animal. Müller croit la trompe susceptible d'accroître la résonnance. Ses énormes dilatations, qui, chez les solipèdes, forment les *poches gutturales*, ont des usages tout à fait inconnus. Les vétérinaires qui ont eu occasion d'observer des cas de réplétion de ces poches par le pus n'ont pas noté de troubles de l'audition dans cette circonstance. Il est très remarquable que les solipèdes seuls possèdent ces diverticulum avec des trompes déjà très larges, tandis que les ruminants ont une trompe courte et excessivement étroite.

Ainsi, dans la caisse tympanique, les ondes sonores sont propagées par l'air et surtout par la chaîne des osselets aux cavités labyrinthiques. La chaîne les transmet à la fenêtre ovale, et l'air à la fenêtre ronde. Ces deux ouvertures ont donc chacune un office bien déterminé. A la première, c'est la platine de l'étrier qui communique les vibrations au liquide du vestibule par l'intermédiaire de la lame périostique qui tapisse la cavité vestibulaire ; car il n'y a pas, à proprement parler, de membrane

(1) Müller, *Manuel de physiologie*, 2[e] édit., t. II, p. 425.

spéciale pour fermer cette fenêtre que la partie évasée du quatrième osselet remplit exactement. A la seconde, c'est l'air qui fait vibrer une membrane mince que Scarpa appelait le *tympan secondaire*. Cette dernière paraît moins importante que l'autre, puisque les ondes sonores sont surtout transmises par les osselets, et qu'elle manque dans les grenouilles qui, cependant, possèdent une cavité tympanique. La perforation de la membrane de ces fenêtres affaiblit l'audition chez les oiseaux, d'après les expériences de M. Flourens, mais elle la laisse persister.

Voilà donc les vibrations parvenues au liquide qui remplit le labyrinthe. Celles-ci, une fois produites dans le vestibule, le limaçon et les canaux semi-circulaires, impressionnent les ramifications du nerf auditif épanouies dans les parois du labyrinthe membraneux, ou à la surface de la lame spirale de la cochlée.

Le vestibule est la partie la plus essentielle du labyrinthe, c'est la dernière qui subsiste après la disparition du limaçon, des canaux semi-circulaires et de la cavité tympanique. Les vibrations imprimées à la périlymphe qui baigne le sac et l'utricule se communiquent au liquide qui remplit ces parties membraneuses et agissent sur les filets nerveux ramifiés dans ces dernières. Les divisions ultimes du nerf auditif se trouvent ainsi dans d'excellentes conditions pour être impressionnées par les ébranlements les plus légers qui peuvent, du reste, devenir plus sensibles, par suite du contact de ces divisions avec les corpuscules calcaires désignés sous le nom d'*otoconies* depuis les recherches de Breschet.

Les canaux semi-circulaires, que certains auteurs ont cru destinés à reconnaître la direction des sons, paraissent avoir pour usage probable de renforcer ces derniers. Ils sont en effet très développés, suivant les observations d'Esser, dans les animaux, tels que la taupe et les oiseaux qui manquent de pavillon auriculaire. Scarpa les suppose chargés de rassembler les ondes sonores développées dans les os de la tête. Quelques uns leur attribuent en outre la faculté d'accroître la résonnance, ce qu'ils feraient beaucoup mieux s'ils étaient remplis d'air. Leur section, qui est très facile chez les oiseaux, où ils sont simplement entourés de tissu spongieux, n'abolit point l'audition. M. Flourens a vu qu'à la suite de cette section, les pigeons continuaient à entendre, et que même leur impressionnabilité s'exaltait au point de rendre douloureux certains bruits peu intenses.

Le limaçon, bien qu'il manque à des animaux pourvus de vestibule et de canaux semi-circulaires, n'est pas une partie moins importante à l'audition que ces derniers. Il semble même, d'après les expériences de M. Flourens (1), qu'elle soit la plus essentielle de toutes, car sa destruction abolit complétement la sensation auditive qui est seulement très affaiblie après la destruction du vestibule et des canaux semi-circulaires. Le limaçon, étant plein de liquide et communiquant largement avec le vestibule, reçoit les ondes sonores à la fois par l'intermédiaire de la fenêtre ronde, et par celui du liquide vestibulaire que l'étrier a mis en mouvement. Son liquide et sa lame spirale en vibrant impressionnent les divisions nerveuses étalées à la surface de la lame ostéo-membraneuse qui partage cette cavité en deux rampes contournées à peu près égales.

Telles sont les propriétés acoustiques des diverses parties de l'oreille, et tel est

(1) Ouvrage cité, p. 433.

le mode de transmission des ondes sonores depuis le pavillon jusqu'aux dernières divisions du nerf auditif. Par le rapide exposé qui précède, on voit que les ondes rassemblées par la conque sont transmises au méat auditif A (fig. 12) qui les conduit à la membrane du tympan B. De celle-ci, elles se communiquent d'une part à la chaîne des osselets C, D, E, F, et, d'autre part, à l'air de la caisse G. La chaîne des osselets les propage à la fenêtre ovale H, et par suite, au liquide et aux parties molles du vestibule I, d'où elles s'étendent aux canaux semi-circulaires J, K, L, et au limaçon M. L'air de la cavité tympanique transmet ces ondes à la membrane de la fenêtre ronde N

Fig. 12.



Fig. 12. — *Oreille droite du cheval (coupe verticale transverse vue par la face postérieure).*

A. Conduit auditif.
B. Membrane du tympan.
G. Cavité tympanique et cellules mastoïdiennes.
C. Marteau.
D. Enclume.
E. Lenticulaire.
F. Etrier.
N. Fenêtre ronde.
H. Fenêtre ovale.
M. Limaçon.
I. Vestibule.
J. Canal semi-circulaire externe ou antérieur.
K Canal semi circulaire interne.
L. Canal semi-circulaire postérieur.

qui, à son tour, les fait passer au liquide du limaçon d'abord, puis à celui des autres parties du labyrinthe qui communiquent toutes entre elles. Les ondes sonores une fois arrivées au liquide du labyrinthe, impressionnent les ramifications nerveuses étalées sur la lame spirale de la cochlée et dans les parois du sac, de l'utricule et

des tubes membraneux qui renferment les canaux semi-circulaires. Enfin, de cette impression résulte la sensation auditive.

La sensation produite par les ondes sonores dépend donc des ébranlements communiqués aux nerfs auditifs par les fluides du labyrinthe. Ces ébranlements étant susceptibles de varier à l'infini par leur intensité, leur nombre, dans un temps donné, leur vitesse et leur mode de propagation, on conçoit que l'impression auditive puisse avoir une infinité de nuances.

En effet, celle-ci peut résulter d'un son grave déterminé par 30 à 35 vibrations, ou d'un son aigu de plusieurs milliers de mouvements vibratoires en une seconde ; elle peut dépendre d'un son unique ou de plusieurs sons simultanés, variables par leur hauteur, leur timbre et leurs autres propriétés acoustiques.

Bien qu'il ne nous soit pas possible d'analyser cette sensation chez les animaux, nous pouvons, jusqu'à un certain point, lui reconnaître la plupart des caractères qu'elle présente dans notre espèce. En effet, ils distinguent la direction du bruit, comme le prouvent les mouvements de leurs oreilles et le sens de leur fuite ; il apprécient peut-être aussi la distance des lieux d'où les sons proviennent, puisque cette appréciation leur est utile pour calculer l'étendue du danger qui les menace et régler la rapidité de leur course ; ils discernent les sons graves des sons aigus, puisque quelques uns sont vivement impressionnés par les premiers et indifférents aux seconds ; ils ont le sentiment du timbre ; on les voit distinguer sûrement la voix de l'homme de tout autre bruit, et la voix des animaux de leur espèce de celle des espèces différentes. Ils sont affectés par les diverses inflexions de la parole humaine ; le bœuf, le chien, par exemple, ne confondent point la voix qui les flatte avec celle qui les menace ; les oiseaux qui apprennent si bien à chanter, et qui exécutent des airs souvent compliqués, ceux qui parviennent à imiter la voix de l'homme, ne le feraient pas s'ils étaient insensibles à l'harmonie et incapables de démêler les tons de l'échelle musicale. Quelquefois, cependant, l'impression du timbre et des modulations n'est pas tellement sûre qu'ils ne puissent être trompés. Le chasseur à l'aide de ses pipeaux simule assez bien le cri de la chouette pour que les petits oiseaux s'y méprennent aisément. Le gamin qui miaule, fait tomber dans la même erreur le chat dont l'ouïe est pourtant si délicate.

La sensation auditive est, du reste, plus ou moins exquise suivant les espèces. Certaines d'entre elles ont l'ouïe dure ; d'autres l'ont très fine, et parmi ces dernières se trouvent d'abord les espèces timides qui ont besoin d'être averties à temps de l'approche de leurs ennemis et d'en reconnaître toutes les démarches, comme les espèces carnassières, qui n'ayant pas l'odorat assez fin pour découvrir leur proie par ses émanations, ni la vue assez perçante pour la distinguer à de grandes distances, doivent arriver à ce résultat par le secours d'un autre sens. Toutefois, si obtuse qu'elle soit, elle dépasse encore généralement l'ouïe de l'homme. Chacun sait comment le moindre bruit éveille le chat, tire de leur assoupissement le bœuf, le cheval et le porc. Il faut aussi qu'elle ait quelque chose de particulier chez les animaux qui vivent dans les bois pour qu'ils soient à même de distinguer les bruits qu'ils ont intérêt à reconnaître, des échos répétés et confus qui se produisent autour d'eux.

L'ouïe ne paraît pas être, pour l'animal, le point de départ d'un grand nombre

d'idées. Elle est, néanmoins, une des voies par lesquelles il reçoit diverses excitations pénibles ou agréables. On sait quelle ardeur le bruit du cor donne au chien de chasse, et dans quelle agitation se trouve le cheval qui entend sonner la charge. Ce que les poëtes disent des effets de la lyre d'Orphée et de la musique sur les brutes, n'est pas sans quelque réalité. Il n'y a rien d'étonnant à ce que la symphonie plaise à certains animaux, fût-ce même au dauphin, comme Pline le raconte. Le bruit du tonnerre n'inspire-t-il pas à tous de la frayeur? et les sons graves ne font-ils pas entrer le lion dans des accès de fureur? Pourquoi les animaux qui ont le sentiment des diverses qualités des sons, ne seraient-ils pas impressionnés agréablement par ceux qui nous plaisent, et péniblement par les autres?

V. DE LA VISION.

Le sens par lequel l'homme et les animaux aperçoivent les objets extérieurs, jugent de leur couleur, de leur forme, de leur étendue et de leur distance, est celui de la vue ou de la vision.

Appareil de la vision. — Les organes de la vision existent dans plusieurs animaux inférieurs, dans la plupart des mollusques, tous les articulés et les vertébrés. Les parties dont ils se composent offrent de très grandes variétés suivant le rang que les animaux occupent et le milieu dans lequel ils vivent. On trouve déjà dans les planaires, les astéries, les rotifères, d'après plusieurs observateurs, des points oculaires plus ou moins distincts qui paraissent donner une sensation vague de la lumière et de l'obscurité. Ils sont déjà, dans les annélides, fort distincts et pourvus de nerfs optiques bien caractérisés. Chez les mollusques, commencent à se montrer des yeux simples, sessiles ou portés à l'extrémité des tentacules ; chez les insectes et les crustacés, tantôt des yeux simples ou ocelles, tantôt des yeux composés ou à une multitude de facettes. Enfin, chez tous les vertébrés, existent deux yeux quelquefois imparfaits et atrophiés comme dans la taupe, le protée, les cécilies.

Ils sont logés sur les côtés de la tête, dans les fosses nommées *orbitaires*, complétement isolées des fosses temporales chez l'homme et les singes, mais séparées seulement de ces dernières par une gaîne fibreuse chez les autres animaux. Ils sont dirigés en avant dans l'homme, les quadrumanes, les oiseaux de proie nocturnes, latéralement dans la plupart des mammifères et des autres vertébrés. Par exception, ils sont dirigés en haut comme dans l'*uranoscope*, ou d'un seul côté, comme dans les *pleuronectes*. Proportionnellement petits dans les très grands animaux et les espèces qui habitent des demeures souterraines, ils sont, au contraire, généralement grands chez les oiseaux, les poissons et les espèces maritimes.

L'appareil de la vision des mammifères se compose : 1° d'*organes de protection* (orbite, gaîne fibreuse, paupières) ; 2° d'*organes de lubrifaction* (glande lacrymale, caroncule du même nom, glande de Harderus) ; 3° d'*organes de locomotion* (muscles droits, obliques, etc.) ; 4° enfin, d'un *organe essentiel* (le globe oculaire).

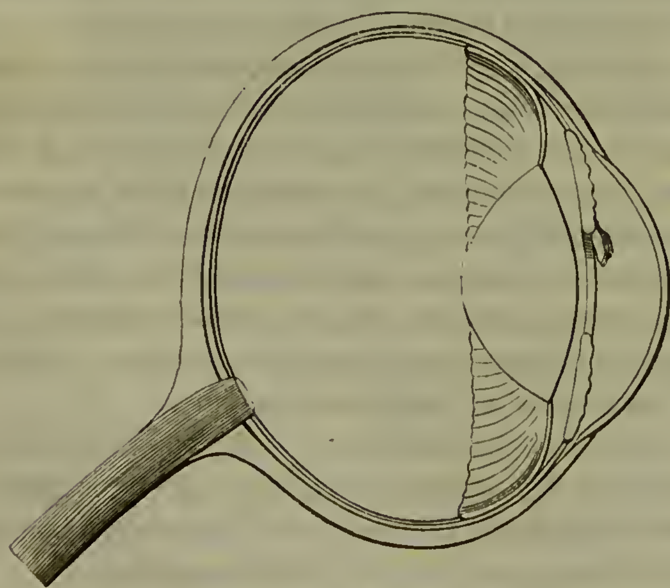
L'œil, renfermé dans la cavité orbitaire, et entouré d'une gaîne fibreuse qui l'isole de la fosse temporale, est protégé en avant par ces voiles membraneux et contractiles connus sous le nom de *paupières*. Constituées par la peau en dehors, la conjonctive en dedans, et des muscles entre ces deux couches tégumentaires, les pau-

pières portent à leur bord libre un petit cartilage qui prévient leur plissement transversal et soutient une série de petites glandules. Le troisième de ces voiles qui forme ce qu'on appelle le *corps clignotant*, est une production muqueuse pourvue à sa base d'un cartilage irrégulier et d'un coussinet graisseux. Peu développée chez l'homme, le singe et les onguiculés, en général, elle prend de l'extension chez les ruminants, les solipèdes, et devient chez les oiseaux tellement grande, qu'elle peut entièrement recouvrir le globe de l'œil.

Cet organe est humecté, lavé continuellement ou lubrifié à sa face antérieure par la glande lacrymale qui verse les larmes à la face interne de la paupière supérieure par les conduits hygrophthalmiques, d'où elles se répandent sur toute la surface de la cornée, arrivent à l'angle nasal, puis s'engagent dans les points lacrymaux, passent dans le sac, et enfin, dans le canal qui les amène à l'entrée des cavités nasales. Les glandes de Meïbomius, situées au bord libre des paupières, sont seulement préposées à la sécrétion d'une humeur onctueuse susceptible d'agglutiner les cils. La glande de Harderus que possèdent un certain nombre d'animaux, les carnassiers, les rongeurs, le porc, plusieurs ruminants et même le cheval où elle est à l'état rudimentaire sur la base du cartilage du corps clignotant, n'a pas de fonctions jusqu'ici bien connues.

Enfin, l'œil est mû dans tous les sens par différents muscles naissant dans l'orbite et s'insérant sur le globe oculaire. L'homme n'en a que six, et la plupart des mammifères en possèdent un septième qui entoure le nerf optique. Des six muscles constants, deux sont obliques et les autres droits : ils produisent par leur action combinée les mouvements si variés qu'exécute le globe de l'œil. De plus, en tirant cet organe vers le fond de l'orbite, ils donnent lieu à la compression du coussinet du corps clignotant, et déterminent par suite la projection de la troisième paupière en avant du globe oculaire.

fig. 13.



L'œil (fig. 13) se compose, d'une part, de plusieurs membranes capsulaires contenues les unes dans les autres, destinées à renfermer des humeurs transparentes, et à donner, dans une certaine mesure, passage aux rayons lumineux ; d'autre part, de milieux parfaitement diaphanes pour réfracter la lumière; enfin, d'une expansion nerveuse chargée de recevoir l'impression de cette dernière.

Sa forme est à peu près sphéroïde dans l'homme et les mammifères qui vivent à la surface du sol. Le globe qu'il constitue est aplati antérieurement chez les poissons, et un peu conique dans le même sens chez certains oiseaux. Voici, d'après Cuvier (1),

(1) *Anatomie comparée*, t. III, p. 390.

un tableau qui indique, pour quelques animaux, le rapport existant entre le diamètre antéro-postérieur ou l'axe de l'œil, et le diamètre transversal.

ANIMAUX.	AXE.	DIAMÈTRE TRANSVERSAL.
Chien..............	:: 24	: 25
Loup...............	:: 50	: 51
Lynx...............	:: 1	: 1
Phoque.............	:: 65	: 71
Marmotte...........	:: 65	: 68
Castor.............	:: 50	: 51
Chamois............	:: 64	: 70
Bœuf...............	:: 20	: 21
Cheval.............	:: 24	: 25
Éléphant...........	:: 9	: 12
Baleine............	:: 6	: 11

L'enveloppe la plus externe du globe oculaire est constituée en avant par la cornée transparente, et en arrière par la sclérotique.

La *cornée transparente*, qui ferme antérieurement, à la manière d'une vitre, l'appareil d'optique représenté par le globe de l'œil, a une courbe appartenant à une sphère d'un diamètre plus petit que la sphère de la sclérotique, et qui est susceptible de varier un peu par l'action des muscles. Sa circonférence, au lieu d'être circulaire et ellipsoïde, est allongée transversalement dans le cheval et les ruminants. Cette membrane, composée de plusieurs lames superposées, est recouverte, à sa face externe, par la conjonctive devenue mince, transparente et sans vaisseaux apparents. Celle-ci est, par accident, quelquefois pourvue de poils dont la présence est constante chez certains animaux, le rat zemni, par exemple; elle est remplacée par la peau chez les reptiles et les poissons.

La *sclérotique* constitue la plus grande partie de l'enveloppe externe de l'œil. C'est une membrane blanche, opaque, résistante, adaptée en avant avec la cornée, et percée en arrière pour le passage du nerf optique. Elle est fibreuse dans la généralité des animaux, pourvue antérieurement d'un cercle d'écailles osseuses chez les oiseaux, et en arrière, de plaques osseuses ou cartilagineuses chez les poissons. Sa face interne répond à la choroïde, et l'externe donne implantation aux muscles droits et obliques.

En dedans de la sclérotique, se trouve la *choroïde*, membrane mince, opaque, noire ou diversement colorée, composée d'un réseau de vaisseaux fins renfermant dans ses mailles une matière colorante qui disparaît chez les albinos et laisse à cette membrane une teinte rosée fort remarquable. Elle offre dans les mammifères, du côté opposé à la terminaison du nerf optique, une tache brillante, plus ou moins étendue, à reflets métalliques. Cette tache, désignée sous le nom de *tapis*, est vert doré chez le bœuf, bleu argenté chez le cheval, la chèvre, les cerfs, jaune doré pâle chez le lion et le chat (1). C'est lui, qui en réfléchissant fortement la lumière dans l'obscurité, donne aux yeux de certains animaux un éclat souvent si vif. Il manque à l'œil des oiseaux et des poissons.

(1) Cuvier, *Anatomie comparée*, t. III, 2e édit., p. 418.

La face interne de la choroïde est tapissée par la *rétine*, membrane presque transparente résultant de l'épanouissement de la pulpe du nerf optique et destinée à recevoir l'impression de la lumière. Cette expansion nerveuse, qui paraît le plus souvent s'étendre jusqu'aux procès ciliaires, comme on le voit très bien à l'œil des solipèdes, ne va pas jusque-là dans tous les animaux. En général, on la voit aller d'autant plus loin que la couronne ciliaire est plus réduite. Ainsi, d'après Cuvier, elle recouvrirait la moitié seulement de la choroïde du porc-épic et le tiers de celle du lynx qui ont les procès ciliaires très grands, tandis qu'elle aurait un développement considérable dans le chamois et la corinne dont la couronne ciliaire est très étroite. Dans tous les cas, elle est libre d'adhérence à ses deux faces. Les micrographes y ont vu trois couches distinctes : une externe granuleuse, une moyenne constituée par des fibres nerveuses, et une interne, formée de cylindres très faciles à détacher. Le nerf optique qui vient la constituer, arrive tantôt sensiblement dans l'axe de l'œil, comme cela se voit sur l'éléphant, le lynx, le phoque ; tantôt en dedans de cet axe, comme chez l'homme; ou en dehors, comme dans le cheval, le loup, le chamois, les oiseaux et les reptiles (1). Il pénètre à travers une petite ouverture, fermée elle-même, par une membrane criblée d'une infinité de trous.

L'intérieur du globe oculaire est divisé en deux grands compartiments par le diaphragme perforé qu'on appelle l'*iris*. Cette cloison est une membrane vasculaire d'une couleur très variée, mais généralement uniforme pour tous les individus d'une espèce sauvage. Son tissu, d'une nature encore mal déterminée, lui donne une contractilité analogue à celle des muscles, ou une sorte d'érectilité qui s'explique par la quantité considérable et la disposition spéciale de ses vaisseaux. L'ouverture qu'elle présente à son centre est elliptique et allongée transversalement chez le cheval et les animaux domestiques, disposée au contraire en fente verticale chez le chat et plusieurs carnassiers nocturnes. Son bord supérieur est légèrement sinueux et festonné dans le bœuf, le mouton, la chèvre, et notamment les solipèdes où il porte de petites masses de matière colorante connues sous le nom de *grains de suie*. Les différentes formes de la pupille sont sans doute appropriées aux variantes de la vision des animaux. Cependant, on ne saurait préciser leur utilité. Il est difficile de concevoir que les ruminants et le cheval, avec leur pupille ovale, ne verraient point devant eux, comme l'avance Dugès, si leur pupille était ronde.

En avant et en arrière de l'iris, existent des liquides d'inégale densité et une lentille destinés à réfracter la lumière. Ils constituent ce qu'on appelle les *milieux* de l'œil.

L'*humeur aqueuse* remplit toute la chambre antérieure, c'est-à-dire le compartiment compris entre la cornée et l'iris, puis toute la chambre postérieure ou l'espace étroit laissé entre l'iris et le cristallin. Sa densité, un peu supérieure à celle de l'eau, lui donne un pouvoir réfringent peu différent de celui de ce liquide. Elle est en très petite quantité dans l'œil des poissons, par suite de l'aplatissement antérieur du globe oculaire de ces animaux.

L'*humeur vitrée*, plus épaisse, plus dense que l'autre, remplit l'espace laissé

(1) *Anatomie comparée*, t. III, p. 429 et suiv. Cuvier dit en dedans pour le cheval, mais c'est une erreur.

entre le cristallin, les procès ciliaires et le fond de l'œil. Elle est contenue dans les mailles d'une membrane fine, transparente, connue sous le nom de *membrane hyaloïde*.

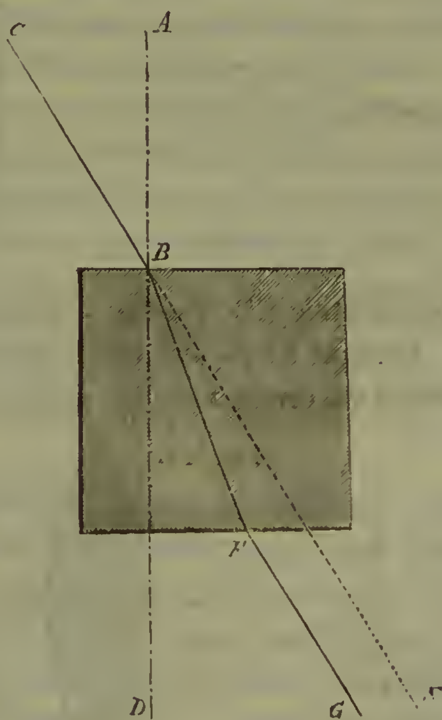
Le *cristallin* forme une lentille biconvexe dont la moitié postérieure est plus bombée que l'antérieure. Il est sphérique, ou à peu près, chez les poissons; presque sphérique, ou du moins très convexe sur ses deux faces dans les cétacés; enfin, il est plus aplati dans les mammifères aériens, et plus encore dans les oiseaux. Sa substance visqueuse et diaphane est enveloppée d'une capsule sur laquelle repose la circonférence interne des procès ciliaires. Par sa configuration et sa densité, il est très apte à concentrer les rayons lumineux et à remplir, par conséquent, le rôle des lentilles dans les instruments d'optique.

Entre la rétine et le cristallin se trouve, mais seulement chez les oiseaux, certains reptiles et quelques poissons, une membrane vasculaire, très fine, analogue à la choroïde, et qu'on appelle le *peigne* ou la *bourse noire*. C'est, d'après la plupart des observateurs, une sorte de cône souvent et fortement plissé qui part de la face antérieure de la rétine, traverse le corps vitré et arrive jusqu'au cristallin, sur la capsule duquel il se fixe, du moins chez un certain nombre d'oiseaux. Il paraît servir à rapprocher, plus ou moins, le cristallin de la rétine, afin de faire varier l'étendue du champ visuel, et de permettre ainsi aux animaux qui en sont pourvus, de voir les objets à de petites, comme à de grandes distances.

Telles sont les diverses parties constituantes de l'appareil de la vision. Il reste maintenant à examiner comment cet appareil fonctionne, c'est-à-dire comment la lumière agit sur l'œil pour donner l'image des objets, la sensation de leur forme, de leur couleur et de quelques autres de leurs propriétés.

Mécanisme de la vision. — L'impression produite sur l'œil par les objets extérieurs, s'effectue par l'intermédiaire de la lumière émanée des corps sous forme de rayons divergents qui marchent toujours en ligne droite. Lorsqu'un de ces rayons tombe perpendiculairement à la surface d'un milieu transparent, il le traverse sans changer de direction. S'il y arrive obliquement, il éprouve en le traversant, une déviation connue sous le nom de *réfraction*. Il est réfracté en se rapprochant de la perpendiculaire, s'il passe d'un milieu moins dense dans un milieu plus dense, tandis qu'il est éloigné de cette ligne dans le cas contraire. L'angle que le rayon lumineux fait alors avec le prolongement de la perpendiculaire élevée à la surface du milieu, constitue l'*angle de réfraction*. Le degré de celui-ci est en rapport avec la densité et la forme des milieux : ses variations paraissent dépendre de ce que la lumière ne traverse pas tous les corps avec une égale vitesse. Soient les rayons AB et CB tombant sur l'une des faces d'un cube de cristal (fig. 14). Le rayon AB perpendiculaire

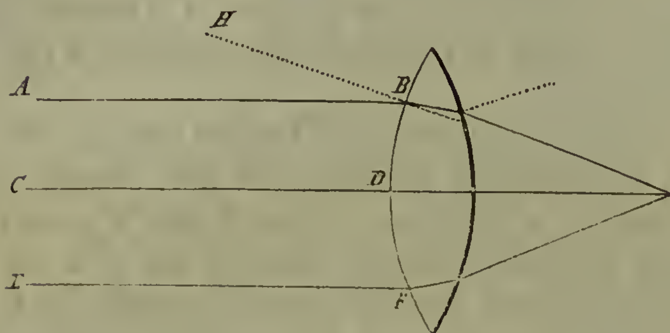
Fig. 14.



traversera ce milieu sans éprouver de déviation, c'est-à-dire suivant la ligne ABD. Le rayon CB oblique, au lieu de le traverser suivant la direction CE, sera réfracté en se rapprochant de la perpendiculaire, il prendra la direction BF. Puis en sortant du cube pour passer dans l'air qui est moins réfringent que le cristal, il éprouvera une nouvelle déviation FG qui l'éloignera de la perpendiculaire.

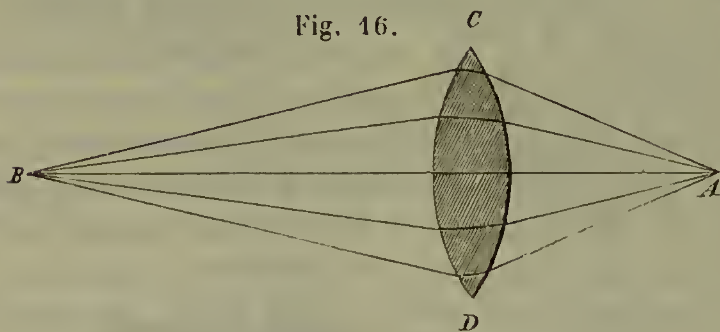
Si les rayons lumineux parallèles viennent à traverser une lentille bi-convexe, ils sont réfractés de la manière suivante. Soient (fig. 15) les rayons AB, CD, EF tombant à la surface d'une lentille, dont les courbes peuvent être considérées comme formées d'un grand nombre de petites surfaces planes. Le rayon CD arrivant perpendiculairement, et dans l'axe de la lentille, n'éprouvera pas de déviation. Le rayon AB, au contraire, arrivant obliquement, se rapprochera de la perpendiculaire HB, au point d'incidence. En sortant de la lentille, il sera réfracté de nouveau et éloigné de la perpendiculaire à son point d'émergence. Ces deux réfractions successives l'amèneront à rencontrer le premier sur un point qui est le foyer de la lentille ; il en sera de même pour le rayon EF, et il en serait encore ainsi pour tous les rayons intermédiaires. Au foyer de la lentille, les rayons lumineux s'entrecroisent, puis continuent leur trajet en divergeant à l'infini.

fig. 15.



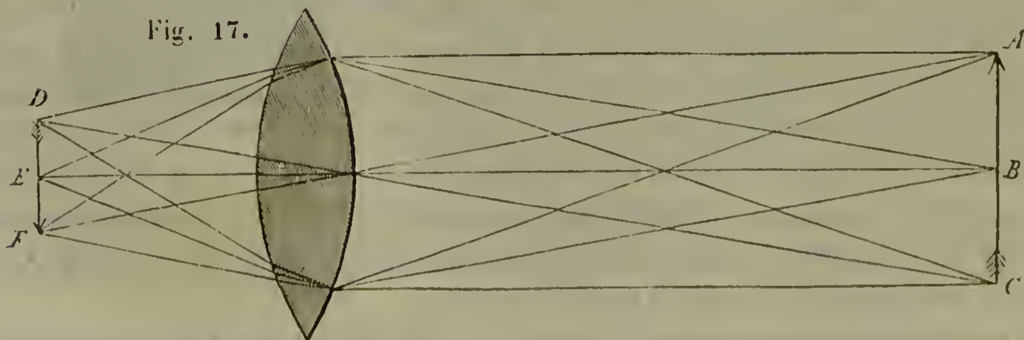
Si les rayons lumineux partent d'un point placé à une distance limitée de la lentille, ils arrivent en divergeant à la surface de cette dernière, mais ils sont réfractés de la même manière que dans le cas où ils sont parallèles. Ainsi, par exemple, le faisceau conique de rayons émanés du point A (fig. 16) sera réuni au foyer B de la lentille CD, comme si tous ces rayons eussent été parallèles.

Fig. 16.



Lorsque les rayons partent d'un corps plus ou moins étendu, leur réfraction s'effectue encore suivant les mêmes lois, seulement il y a dans cette circonstance une

Fig. 17.



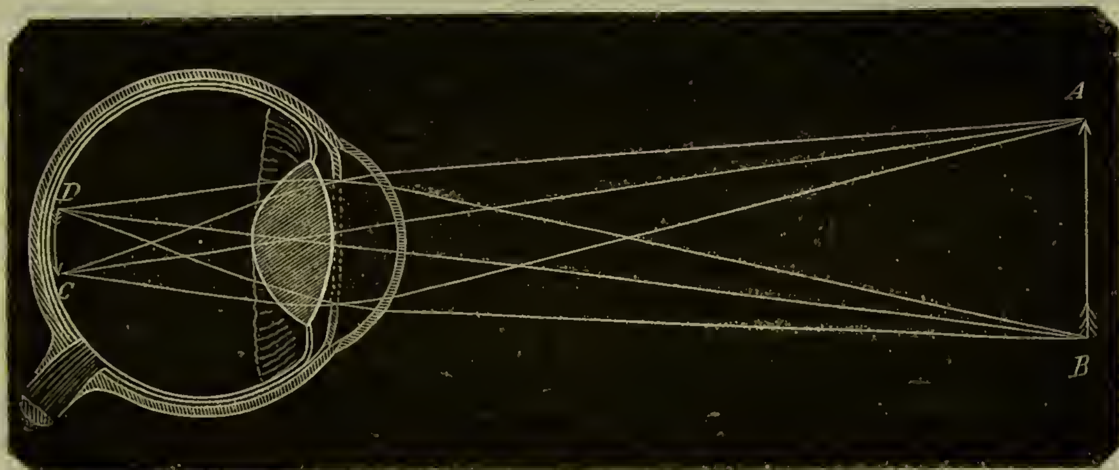
complication apparente dont la figure 17 donne une idée, la flèche ABC en-

voyant par tous ces points des rayons divergents qui forment des pinceaux ou des cônes dont la base est représentée par l'une des faces de la lentille.

Le cône du point A rassemblera les siens en F, celui du point C en D, et celui du point B en E. D'où il résulte que l'image de la flèche reçue sur un plan au point de réunion des rayons des cônes lumineux sera renversée.

Ce qui précède étant bien compris, il est facile de se rendre compte de la formation des images dans l'œil. Si nous supposons la flèche AB (fig. 18) à une certaine distance du globle oculaire, elle enverra par chacun de ses points des pinceaux de rayons ou des cônes lumineux dont la base sera représentée par la face antérieure de a cornée. De son extrémité supérieure partira le pinceau A, qui après avoir été suc-

fig. 18.



cessivement réfracté par la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin, viendra réunir ses rayons en C. Le pinceau B sera réfracté de la même manière, et les siens se réuniront en D, de telle sorte que l'image de la flèche peinte sur la rétine sera renversée. La première réfraction opérée par la cornée transparente est déjà considérable, à cause de la courbure et de la densité de cette membrane. La seconde, qui a lieu dans l'humeur aqueuse des deux chambres, est moindre; la troisième, qui s'effectue dans le cristallin, est la plus prononcée; enfin, celle du corps vitré est intermédiaire aux deux précédentes. L'indice de réfraction de ces divers milieux est tellement calculé, que le foyer des rayons de chaque cône lumineux se trouve à la surface de la rétine. Il faut donc, pour que l'image peinte sur cette expansion nerveuse soit nette, que la distance qui existe entre le cristallin et le fond de l'œil soit déterminée. Si cette distance est diminuée, les rayons frappent la rétine avant de s'être réunis; si elle est augmentée, ils la rencontrent après s'être entrecroisés, et dans les deux cas, l'image est diffuse.

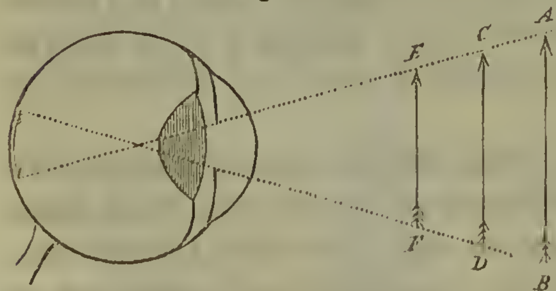
La formation de l'image des objets sur la rétine peut être facilement mise en évidence par une expérience d'une très grande simplicité. Il suffit pour cela de placer en avant du globe oculaire, ouvert par en haut, un objet très éclairé. On voit alors, en regardant par l'ouverture, l'image de l'objet reproduite sur la rétine avec ses couleurs et tous ses détails, mais dans de faibles proportions; un œil d'animal albinos, ou un œil dont la sclérotique a été amincie au point de devenir translucide, peut, sans être ouvert, servir à la même démonstration.

La netteté de l'image doit être un peu plus parfaite au centre que sur les bords,

parce qu'elle se forme sur une surface courbe, et parce que les rayons provenant de la périphérie des objets ont traversé les parties excentriques du cristallin qui leur font éprouver, à un faible degré, ce qu'on appelle l'*aberration de sphéricité*, aberration rendue à peu près insignifiante par la disposition de l'iris autour du cristallin. Néanmoins, cette netteté est sensiblement uniforme pour les objets qui ne sont ni trop éloignés, ni trop rapprochés ; elle résulte en partie de ce que les rayons lumineux, susceptibles d'être réfléchis, sont absorbés par le pigment choroïdien. Sans cette particularité, les rayons pourraient, après avoir été réfléchis, venir une seconde fois impressionner la rétine, produire l'éblouissement et rendre ainsi l'image confuse. Aussi, les animaux à pigment choroïdien blanc, tels que les chats, et ceux qui ont la choroïde privée de matière colorante, comme les albinos, ne peuvent-ils supporter la vue d'objets fortement éclairés et voir distinctement au grand jour.

Les dimensions de l'image varient suivant la distance des objets ; elles sont d'autant plus grandes qu'ils sont plus rapprochés, et d'autant plus petites qu'ils sont plus éloignés de l'œil : la théorie l'indique et l'expérience de l'œil aminci à sa face postérieure le démontre très clairement. Ainsi j'ai constaté qu'une flèche de 45 centimètres de longueur donnait sur le fond de l'œil du cheval une image de 12 millimètres à 1 mètre de distance, de 6 millimètres à 2 mètres, de 5 millimètres à 3 mètres, de 4 millimètres à 4 mètres, de 3 millimètres à 5 mètres, de 2 millimètres 1/2 à 6 mètres et de 2 millimètres à 7 mètres. Une fenêtre large de 1 mètre 67 donne une image de 7 millimètres de large à 5 mètres 90, et de 4 millimètres à une distance double. Mais c'est aux mathématiciens de déterminer les proportions de la décroissance des images dans le globe oculaire, suivant la distance des objets. Il est facile de concevoir ces variations d'après les lois de la formation des images dans les appareils d'optique. En effet, un objet étant placé à une certaine distance de la cornée, ses rayons extrêmes s'entrecroisent en arrière du cristallin dans un point désigné sous le nom de *centre optique*, point dont la situation est telle sur l'axe de la lentille, que les rayons qui le traversent n'éprouvent pas de déviation, quelle que soit l'obliquité de leur incidence à la surface de la cornée. Après s'être entrecroisés à ce centre, ils arrivent sur la rétine en formant un angle dont le sommet est précisément le *centre optique*. Or, il est évident que cet *angle visuel* est d'autant plus petit que la distance de l'objet est plus considérable. De même, des objets d'inégale étendue peuvent, suivant qu'ils sont plus ou moins rapprochés, avoir un angle visuel égal, et par conséquent, produire une image dont les dimensions seront les mêmes pour tous. Soient les trois flèches AB, CD, EF, (fig. 19) inégalement éloignées de l'œil. La plus grande AB aura le même angle que la seconde, et celle-ci le même que la troisième. Pour les trois, l'image aura une égale étendue, et si rien ne vient rectifier l'idée des dimensions de ces flèches, celles-ci paraîtront de même grandeur. D'après cela, on comprend

Fig. 19.



pourquoi une statue, un animal, un paysage semblent gigantesques vus de près, et se rapetissent à mesure qu'on s'en éloigne.

Puisque les images des objets perdent de leur netteté à de très grandes et à de très petites distances par suite de la réunion des divers rayons de chaque cône lumineux, soit en avant, soit en arrière de la rétine, il est nécessaire que l'œil éprouve quelques changements pour que la vue soit possible à toutes les distances. Leur réalité que plusieurs physiologistes ont mise en doute, est très difficile à démontrer expérimentalement, mais elle ressort d'un grand nombre de considérations présentées par Müller et d'autres auteurs.

Ces variations paraissent consister : 1° dans l'agrandissement ou le raccourcissement de l'axe de l'œil par l'action des muscles qui s'attachent sur la sclérotique ; 2° le plus ou le moins de dilatation de la pupille ; 3° dans un déplacement du cristallin, et peut-être une légère modification du degré de ses courbures.

La possibilité des changements dans l'étendue de l'axe de l'œil et dans la courbure de la cornée transparente, se conçoit très bien par l'action isolée ou associée de certains muscles du globe oculaire, seulement il est difficile de savoir quels sont ceux de ces muscles qui peuvent agrandir le diamètre longitudinal de l'œil, et ceux qui peuvent diminuer son diamètre transverse. Olbers avait admis l'agrandissement de l'axe par la contraction des muscles droits, laquelle devrait plutôt, d'après plusieurs auteurs, produire un raccourcissement. Quelques autres croient à cette élongation par l'effet des muscles obliques. Mais, quoi qu'il en puisse être sur le mécanisme de cette déformation, celle-ci n'est certainement pas difficile à produire, et pour peu qu'elle soit étendue, elle fait varier la distance qui existe normalement entre le cristallin et la rétine. Les mouvements de l'iris contribuent non moins que la déformation du globe, à adapter l'œil pour la vision à des distances diverses. On sait que la pupille se dilate quand on regarde des objets éloignés, et qu'elle se resserre dans le cas contraire. Son rétrécissement aurait pour but, suivant M. Pouillet, d'arrêter les rayons qui tombent trop loin du centre du cristallin, et dont la convergence n'aurait lieu qu'en arrière de la rétine, la dilatation permettrait le passage d'un plus grand nombre de rayons dont les extrêmes seraient moins réfractés que les autres, par suite de la moindre courbure et de la moindre réfringence des bords de la lentille oculaire. Enfin, les déplacements du cristallin qui seraient opérés par les procès ciliaires ont été invoqués comme un des principaux moyens de faire varier le lieu de convergence des rayons lumineux émanés des objets à diverses distances. Mais ils sont loin d'être bien démontrés, si ce n'est chez les oiseaux où l'existence du peigne est constante.

La faculté que possède l'œil de se modifier pour rendre la vision distincte à des distances très diverses, n'existe pas au même degré dans tous les animaux. Il en est qui voient seulement de très près, d'autres de très loin ; en un mot, il est des animaux *myopes*, et des animaux *presbytes*, comme le fait observer Müller. Quelques autres jouissent du privilége de distinguer nettement et tour à tour les objets rapprochés et ceux qui se trouvent à de grandes distances : les oiseaux de proie (l'aigle, l'épervier, etc.), sont de ce nombre.

La myopie paraît tenir à une trop grande convexité de la cornée, et peut-être du cristallin, ainsi qu'au défaut de la faculté dont jouit quelquefois l'œil de s'adapter

aux distances. Elle détermine une convergence trop prompte des rayons lumineux. Ceux qui émanent des objets rapprochés se réunissent seuls sur la rétine, mais ceux qui viennent des objets éloignés se réunissent en avant de cette membrane, et donnent lieu à des images confuses. Certaines espèces, telles que le bœuf, le lapin, qui ont la cornée transparente très convexe, sont probablement myopes. Les espèces nocturnes ou nyctalopes, les chats, par exemple, dont le champ visuel est étroit, semblent aussi avoir la vue plus courte que les espèces diurnes.

La presbytie est l'inverse de la myopie. Dans la presbytie, les objets ne sont vus distinctement que de loin. La cornée et le cristallin ont une convexité trop peu prononcée pour amener la réunion des rayons lumineux sur la rétine. Aussi, cette réunion ne s'effectue-t-elle qu'en arrière de la membrane nerveuse, à moins que les objets ne soient placés à une distance considérable.

De la sensation en elle-même. — La lumière est arrivée jusqu'à la rétine ; elle a peint à sa surface l'image des objets. Il reste à savoir comment cette membrane réagit, quelle est la nature de l'impression produite sur elle, et de quelle manière se développe la sensation de la forme, de la couleur, de l'étendue et de la distance des objets ? Analyse délicate, au fond de laquelle il ne peut manquer de rester beaucoup d'obscurité.

D'abord, la rétine est le siége de l'impression. Cette membrane seule est susceptible de la recevoir en vertu d'une sensibilité spéciale qui n'appartient qu'à elle. Une fois produite, elle est transmise au cerveau par l'intermédiaire du nerf optique. L'image des objets qui se peint à la surface de l'expansion nerveuse, bien qu'elle soit dans l'œil, fait cependant voir les objets en dehors de cet organe. Cette notion, d'après laquelle les corps lumineux sont bien réellement hors de l'œil, a été considérée comme un résultat de l'expérience et de l'habitude, et à l'appui de cette hypothèse, on a cité l'exemple de l'aveugle de Cheselden qui voyait après l'opération les objets touchant ses yeux. Il est facile pourtant de prouver que la notion dont je parle est indépendante de l'habitude. D'une part, les objets qui touchent les yeux de l'aveugle récemment opéré, sont déjà hors de lui ; d'autre part, les jeunes animaux, tels que les veaux, les poulains, sont à peine sortis du sein de leur mère, qu'ils s'approchent de celle-ci, vont prendre sa mamelle au lieu de la chercher en eux-mêmes. Si l'on place autour de ces jeunes mammifères des obstacles plus ou moins éloignés, ils les évitent ; par conséquent, ils ont dès le principe, suivant la judicieuse remarque de M. Flourens (1), le sentiment des distances et de la situation réelle des objets. Toutefois, il est incontestable que dans la suite, le jugement sert beaucoup à préciser les idées relatives à la distance, idées qui paraissent primitivement moins sûres chez les enfants que chez les animaux ; car les premiers, d'après Müller (2), cherchent aussi bien à saisir la lune que les objets les plus rapprochés d'eux.

D'après les lois de la réfraction, d'accord avec les résultats de l'expérience, les images des objets projetées sur la rétine sont renversées, ce qui n'empêche pas que les objets soient vus droits et tels qu'ils sont effectivement. Les physiciens expli-

(1) *Leçons orales*, 1851.
(2) *Manuel de physiologie*, 2e édit., t. II, p. 357.

quent ce fait en disant que les objets sont vus suivant le prolongement des rayons qu'ils envoient à la rétine, de telle sorte qu'un rayon arrivant à la partie inférieure de l'expansion nerveuse, fait voir en haut de l'objet le point dont il émane. Müller repousse cette explication et croit qu'il est inutile de chercher la cause de la vision droite, puisque tout est renversé dans l'œil, et qu'il y a conséquemment harmonie dans la sensation. En réfléchissant à cette singulière particularité, on arrive à concevoir que la direction de l'image importe peu, en définitive, pour la sensation, car si un homme est suspendu par les pieds, l'image des objets est peinte en sens inverse de l'image habituelle, et s'il est couché, l'image a encore une autre direction. Néanmoins, dans tous les cas, les objets sont vus de la même manière.

Les deux images produites, une dans chaque œil, ne donnent pas la sensation de deux objets ou d'un objet double, mais elles déterminent une impression unique comme si l'un des deux seulement eût reçu l'image de l'objet. Pour rendre compte de ce fait, les uns ont dit, avec Gall, que les deux yeux, au lieu d'agir simultanément, agissent tour à tour, mais c'est là une erreur dont la démonstration n'est pas difficile; les autres ont avancé que la vue simple résulte de la formation des images sur des points identiques dans les deux rétines. C'est une variante de cette opinion que propose Dugès, en admettant que l'unité de la sensation dépend de l'habitude qu'acquièrent certains points de la rétine appelés *homologues* d'agir ensemble. Mais toutes ces hypothèses, qui sont loin d'être satisfaisantes, ne sont nullement nécessaires pour expliquer l'unité de la sensation. Très probablement, les deux impressions identiques sont converties par le cerveau en une seule sensation, comme les autres impressions venues par les deux oreilles ou les deux moitiés des fosses nasales.

Quoi qu'il en soit, il est des cas dans lesquels il y a une vue double par suite des changements assez prononcés dans la direction des axes visuels pour donner lieu à la formation d'images en dehors des points homologues des deux rétines. Il y a également une vue double chez les animaux qui ont les yeux placés tout à fait sur les côtés de la tête, et qui ont, par conséquent, des axes visuels très divergents. Il faut qu'il en soit ainsi, puisqu'ils aperçoivent d'un œil des objets différents de ceux qu'ils aperçoivent de l'œil opposé. Les deux séries d'images se réunissent dans un point intermédiaire aux deux axes visuels, et ne forment, en définitive, qu'un tableau unique sans solution de continuité. Les oiseaux et les poissons ont les yeux disposés pour ce mode de vision qui existe aussi, mais à un faible degré, chez plusieurs mammifères, même les solipèdes et les ruminants.

La sensation consécutive à la formation des images dans l'œil, donne l'idée de la forme, des dimensions, de la distance et de plusieurs autres propriétés des corps.

La notion de la forme est évidemment primitive. Elle ne paraît nullement le résultat d'opérations intellectuelles. Sans doute, l'animal acquiert cette notion sans le secours d'un jugement quelconque. Il serait absurde de croire qu'il ne distingue pas la forme du carré de celle de la sphère, la forme humaine de celle d'un arbre. Et, cette distinction, il la fait en naissant, car il ne confond pas la tête avec les mamelles de sa mère.

La notion de la distance paraît aussi indépendante, du moins jusqu'à un certain

point, du jugement de l'animal. Elle ne manque chez lui ni d'étendue, ni de précision. Le chien, auquel on lance une pierre, s'enfuit, mais il s'arrête quand il se croit à une distance telle qu'il n'a plus à craindre une insulte. Il ne reprend sa course que quand il se croit à portée d'être atteint. Le loup qu'on poursuit, fait souvent la même chose, il s'assied sur sa croupe comme pour braver le chasseur, tant qu'il se trouve suffisamment éloigné de lui. Tous les animaux qu'on menace, tous ceux qui cherchent à franchir un obstacle, à traverser un fossé, à sauter d'une branche d'arbre sur une autre, etc., paraissent avoir une idée très précise des distances. On ne voit jamais un chat se jeter à terre s'il est sur un toit très élevé, ni un canard se précipiter dans un puits pour se baigner. Ce sentiment est même si sûr, que le carnassier qui s'élance d'un bond sur sa proie ne la dépasse pas. Il a fait un effort en harmonie avec l'étendue de l'espace qu'il devait franchir.

L'impression qui donne lieu à la sensation de la forme, de la couleur et des autres propriétés optiques des corps, est due à un état particulier de la rétine dont la nature est tout à fait inconnue. On suppose que cet état est déterminé en elle par les ondulations plus ou moins rapides du fluide éthéré dont l'existence est, du reste, purement hypothétique. Chacune des particules de l'expansion nerveuse transmet au cerveau, par l'intermédiaire du nerf optique, la modification qu'elle a éprouvée, et de toutes les modifications partielles résulte la sensation d'ensemble.

La rétine ne paraît pas, dans tous ses points, également apte à être impressionnée par la lumière. Elle présente au niveau de la terminaison du nerf optique, un petit disque blanc d'une étendue de 4 à 5 millimètres dans le cheval. Ce disque, dont l'impressionnabilité est très faible, ne peut guère nuire à la vision, puisqu'il se trouve à une distance assez considérable de la ligne du centre optique, et par conséquent, en dehors de la surface sur laquelle vient habituellement se peindre l'image des objets. La sensibilité de la membrane est, du reste, très variable suivant les animaux : elle est portée à son plus haut degré dans les espèces nocturnes qui ne peuvent supporter la vive lumière du jour ; elle est beaucoup plus faible chez certains oiseaux de proie, tels que l'aigle, l'épervier, dont la vue est cependant très perçante. Cette propriété est mise en rapport avec les mouvements de l'iris qui se resserre lorsque la lumière est vive, et se dilate graduellement à mesure que l'intensité de la lumière diminue.

L'impression produite sur la rétine par les rayons lumineux, s'effectue avec rapidité, mais elle persiste pendant quelques instants, comme le prouve l'observation du charbon incandescent auquel on communique un mouvement de rotation. Différentes causes, telles que l'action de l'électricité, la compression exercée sur le globe oculaire, peuvent produire des impressions plus ou moins persistantes, analogues à celles de la lumière, mais on conçoit que l'analyse de ces phénomènes n'est pas possible en ce qui concerne les animaux.

Le nerf optique, dont il est si facile de constater sur les animaux l'insensibilité complète, est chargé de transmettre aux centres les modifications éprouvées par la rétine. Celui d'un côté communique les impressions à la partie de l'encéphale qui lui est opposée. A cet égard, il ne peut rester aucun doute. Les expériences ont appris que la destruction des tubercules bigéminés d'un côté, entraîne la perte de la vue de l'autre, et un grand nombre d'observations pathologiques sur l'homme,

ont montré que l'atrophie du nerf optique droit, par exemple, s'étendait à gauche au delà de la décussation. Ebel et Cuvier (1) ont fait la même remarque sur le cheval. J'ai vu aussi sur un cheval, dont l'œil gauche pourvu d'une cataracte, était d'un très petit volume, le nerf optique correspondant réduit à un petit cordon fibreux jusqu'au chiasma, puis très sensiblement atrophié à droite au delà de ce point et jusqu'aux tubercules bigéminés.

La vision offre un très grand nombre de variétés dans la série animale suivant que les espèces doivent vivre dans l'air ou dans l'eau, à une vive lumiere ou au sein de l'obscurité, etc.

Les invertébrés les plus parfaits, c'est-à-dire les mollusques et les articulés, possèdent déjà des yeux fort compliqués. Beaucoup d'entre eux les ont à facettes, et un certain nombre de ces animaux sont pourvus à la fois d'yeux simples et d'yeux composés. Ceux-ci résultent de l'assemblage d'un nombre considérable de petits tubes fermés, chacun, par une cornée polygonale, et enduits à l'intérieur d'un pigment plus ou moins analogue à celui de la choroïde. La vision à l'aide de tels appareils oculaires doit résulter, ou de la répétition de la même image sur tous les éléments de l'œil, ou de la réunion de petites images peintes isolément sur le fond de chacun des petits tubes de l'œil à facettes. La première hypothèse paraît peu probable, puisqu'on ne voit pas qu'il soit nécessaire qu'un objet se peigne plusieurs milliers de fois pour donner la sensation qui peut résulter d'une seule image ; elle est, du reste, en contradiction avec les lois de la vision par deux yeux simples, par cela même que les axes visuels de tous les tubes oculaires n'étant point parallèles, la vue devrait être multiple comme elle est double dans les cas où il n'y a plus de parallélisme entre les axes visuels. La seconde, qui a plus de vraisemblance, permet de concevoir comment un grand nombre d'objets sont vus à la fois, bien qu'ils n'aient pas tous envoyé leur image au même élément visuel. Il y a sensation d'un tableau d'ensemble provenant d'une infinité de petits tableaux partiels, comme il y a chez les animaux supérieurs une image résultant de tous les éléments reproduits un à un sur chaque point de la rétine.

Les poissons ont une cornée aplatie, très peu d'humeur aqueuse, un cristallin presque sphérique, un iris à peine mobile, toutes dispositions favorables à l'étendue de la réfraction dans un milieu déjà très dense. Ils ne paraissent pas avoir une vue d'une grande portée, non plus que les phoques, le dauphin, la baleine et autres mammifères aquatiques.

Enfin, les oiseaux dont la vue est souvent très étendue, diffèrent beaucoup entre eux sous le rapport de leur mode de vision. Les uns, tels que les oiseaux de proie diurnes, aperçoivent à de grandes distances les petits animaux qui leur servent de victimes ; les autres qui vivent le plus souvent sur le sol ne voient pas de très loin. Ceux qui prennent leur nourriture dans l'eau, ont, d'après les observations des naturalistes, l'œil analogue à celui des poissons.

Considérée dans ses rapports avec les facultés et les besoins des animaux, la vision n'a pas une prééminence toujours bien marquée sur les autres sensations. Quoique les notions qu'elle fait acquérir soient très variées, elles n'ont pas, pour la plupart,

(1) Longet, *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. II, p. 70.

une utilité aussi immédiate que celles qui viennent par l'odorat et la gustation. Beaucoup d'entre elles sont même à peu près indifférentes. L'animal ne paraît pas s'arrêter à la contemplation de ce qui l'environne. Tout ce qui ne se rattache pas à la satisfaction de ses appétits et aux nécessités de sa conservation ne l'affecte guère. Il fixe avec attention un objet inconnu ou nouveau pour lui, il observe minutieusement les démarches et les gestes des personnes qui s'en approchent. Le chien cherche à distinguer son maître au milieu de la foule, à reconnaître un étranger qu'il n'a pas encore vu plusieurs fois, ou une personne familière qui se présente sous un habillement inconnu. On le voit interroger du regard le maître dont il a encouru la disgrâce, comme s'il voulait en deviner les intentions. Mais, à part quelques exceptions, les animaux ne semblent pas chercher à acquérir par la vue des notions sur ce qui ne leur cause ni plaisir ni inquiétude. Le bœuf qui, après avoir rempli sa panse, se couche au milieu de la prairie pour ruminer, se contente de porter par moments la tête à droite et à gauche afin de s'assurer si rien ne menace sa tranquillité. Lorsqu'il paissait, on ne le voyait pas flairer les fleurs d'un buisson ou les plantes aromatiques à la lisière d'un bois. Et, dès que ses besoins sont satisfaits, il ne s'intéresse guère à la sérénité du ciel ou à l'effet d'un paysage.

Si l'animal n'applique pas le sens de la vue à tout ce qui nous affecte, c'est qu'il ne fait usage de ses facultés que dans la stricte mesure de sa conservation. La vision lui donne, comme à nous, la sensation, l'idée de la forme, de la couleur, des dimensions, de la distance, du repos et du mouvement des corps. Il pourrait, par conséquent, s'en servir plus qu'il ne le fait, car sa vue n'est pas, comme le veut Buffon (1), plus imparfaite que la nôtre, bien que les idées qu'elle donne ne puissent être contrôlées ou rectifiées par le toucher. Lorsque ce contrôle leur est nécessaire, il a lieu par l'intermédiaire de l'odorat qui est, ainsi que nous l'avons vu, le premier des sens de la brute.

(1) *Hist. nat.*, *Discours sur la nature des animaux*, t. V, p. 31, édit. royale.

LIVRE TROISIÈME.

DES MOUVEMENTS.



Si l'animal doué de sensibilité, organisé pour être impressionné par tout ce qui l'entoure, eût été condamné à l'immobilité, sa vie se serait passée dans une perpétuelle souffrance. Incapable de se rapprocher des objets susceptibles de lui causer des sensations agréables, et mis dans l'impossibilité de fuir ceux qui l'auraient péniblement impressionné, il eût été forcé de subir, sans réaction, toutes les influences étrangères à son être. Il n'eût pu, du reste, ni se nourrir, ni se reproduire, puisque l'accomplissement des fonctions nutritives et génératrices exige des déplacements plus ou moins étendus. La faculté de se mouvoir est donc indispensable à l'animal ; aussi existe-t-elle, sans exception, même dans les rangs les plus inférieurs de l'échelle zoologique. L'infusoire microscopique n'est-il pas dans une agitation permanente au sein du milieu où il vit ? le polype lui-même, attaché à la masse calcaire qui le protége et l'enveloppe, ne meut-il point son corps et ses bras pour saisir sa proie ? La sensibilité donnée aux êtres vivants serait un non-sens si elle ne coexistait avec la faculté locomotrice ; l'une ne se conçoit pas sans l'autre. La première met la seconde en jeu ; l'une commande, l'autre obéit. La sensibilité, qui dirige, serait impuissante à elle seule ; la locomotion, non régie par la sensibilité, s'exercerait sans mesure et souvent sans but ; elle ferait de l'organisme une machine détraquée et privée de régulateur.

Sous le titre de locomotion, on comprend, d'une manière générale, les actes par lesquels l'animal se déplace ou se transporte d'un lieu dans un autre. Ils résultent de la contraction des muscles opérée sous l'influence du système nerveux.

Les mouvements produits par l'action musculaire sont de différentes sortes. Les uns, développés dans la trame des organes, sont presque imperceptibles ; les autres, plus ou moins étendus, donnent toujours lieu à des effets appréciables. De là une première distinction des mouvements en *sensibles* et en *insensibles*. Une partie d'entre eux s'opèrent sous l'influence de la volonté, et d'autres, indépendamment de cette influence ; d'où une seconde distinction de ces actes en *volontaires* et en *involontaires*. Dugès les partage en deux groupes : l'un renfermant les mouvements staminaux ; l'autre les mouvements effectifs. Les premiers sont les mouvements envisagés indépendamment de leur but et dans les tissus où ils s'effectuent ; les seconds sont les mouvements sensibles considérés eu égard à leur office et à leur destination.

L'étude de la locomotion comprendra successivement : 1° le rôle des organes passifs des mouvements ; 2° le rôle des organes actifs, c'est-à-dire la contraction musculaire et l'influence exercée sur elle par le cerveau, la moelle épinière et les

nerfs ; 3° la station et le décubitus ; 4° les mouvements sur place ; 5° les allures ; 6° la natation, le vol et les mouvements particuliers à quelques animaux ; 7° enfin, les efforts et l'utilisation des forces musculaires.

CHAPITRE IX.

CONSIDÉRATIONS SUR LA STATIQUE ET LA DYNAMIQUE DES ORGANES PASSIFS DE LA LOCOMOTION.

La plupart des animaux sont pourvus intérieurement ou extérieurement de parties solides destinées à déterminer les formes générales du corps, à protéger certains organes, à faciliter et à régulariser les mouvements. Déjà beaucoup de zoophytes, tels que les astéries et les oursins, ont des enveloppes solides produites par une sécrétion tégumentaire. Une grande quantité de mollusques sont revêtus de coquilles formées de la même manière ; plusieurs articulés, notamment les insectes et les crustacés, ont le corps recouvert de pièces cornées ou pierreuses, mobiles les unes sur les autres, lesquelles constituent par leur ensemble ce que des naturalistes ont appelé un *squelette extérieur*. Mais les vertébrés seuls, c'est-à-dire les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères, possèdent un appareil intérieur de pièces articulées osseuses ou cartilagineuses, dont la réunion forme un véritable squelette, une sorte de charpente à laquelle sont fixés les autres organes locomoteurs.

Les os qui composent ce squelette sont des parties dures, très résistantes, peu flexibles, élastiques, presque insensibles, qui s'accroissent avec lenteur, et passent, avant d'arriver à leur complet développement, par divers états successifs. Dès qu'ils sont formés, leur tissu résulte de l'association de deux éléments : l'un, organique, gélatineux, susceptible d'être isolé par l'action des acides ; l'autre, terreux, déposé dans les mailles ou interstices du premier. Ce tissu, dont les propriétés physiques sont assez variables, se présente sous trois états différents. Dans l'un, il forme la substance qui enveloppe tous les os d'une couche plus ou moins épaisse ; dans l'autre, c'est la substance spongieuse, plus légère, qui constitue la plus grande partie des os courts et les extrémités des os longs ; enfin, dans le troisième, c'est la substance réticulée, encore plus celluleuse et plus déliée que la précédente, dont elle n'est qu'une modification.

Ces trois variétés de substance osseuse forment, à leur tour, plusieurs sortes d'os : les os *longs*, renflés à leurs extrémités, creusés intérieurement d'un canal médullaire, et destinés à la composition des rayons des membres ; les os *courts*, irréguliers, de la colonne vertébrale ; les os *larges*, aplatis, et plus ou moins minces, qui se voient au crâne, à la face et à l'extrémité supérieure des membres.

Les os, quelles que soient leurs formes et leurs variétés de structure, sont réunis les uns aux autres par des parties molles très résistantes disposées en cordes ou en rubans. Leurs articulations, quelquefois immobiles, sont, pour la plupart, susceptibles de mouvements plus ou moins étendus. Dans ce dernier cas, les extrémités

osseuses sont assemblées par des liens flexibles, et leurs surfaces, si elles sont lisses, se trouvent recouvertes de fibro-cartilages et lubrifiées par des membranes synoviales.

De l'ensemble des os ainsi réunis résulte le squelette. Celui-ci détermine la forme générale du corps, règle et limite les mouvements, donne des points d'implantation aux muscles, leur fournit des leviers, des plans inclinés, des poulies de renvoi nécessaires au déploiement de leur puissance. Il concourt à la formation des cavités qui logent et protégent les parties centrales du système nerveux, les organes des sens, les principaux viscères. Il constitue, en un mot, un appareil admirablement disposé pour servir à la fois à des usages si divers, appareil dont la configuration peut cependant, au premier abord, paraître grossière à celui qui n'en a point analysé l'action.

Le squelette se compose de deux appareils distincts. L'un, central, qui s'étend d'une extrémité du corps à l'autre, forme des cavités pour les centres nerveux, les organes des sens, les parties centrales du système de la circulation et de la respiration : c'est la partie essentielle, l'axe destiné à recevoir et à transmettre le mouvement. L'autre appareil, plus accessoire, est disposé symétriquement sur les côtés du premier ; il comprend des appendices en nombre variable, destinés soit à la marche, soit au vol et à la natation. Son existence est loin d'être constante.

L'appareil *central* constitue à lui seul tout le squelette des serpents. Il y est réduit à la tête et aux vertèbres, sur les côtés desquelles se trouvent des côtes libres par leur extrémité inférieure.

L'appareil accessoire se compose de deux ou de quatre extrémités qui, quelquefois, sont simplement unies au tronc par des parties molles, ainsi qu'on le voit pour les antérieures des mammifères non claviculés, mais le plus souvent articulées avec lui, du moins pour les postérieures. Les premières manquent à certains reptiles, et les secondes aux cétacés et aux reptiles apodes.

Lorsque les antérieures et les postérieures existent, elles peuvent toutes servir : à la marche et à la station, comme chez les quadrupèdes ; au vol, comme dans les chauves-souris ; à la natation, comme chez les poissons. Quelquefois les deux postérieures seulement servent à la marche, comme dans l'homme et les oiseaux, et les antérieures, soit au vol, soit à la préhension des aliments.

Jetons maintenant un coup d'œil sur le squelette de nos animaux domestiques, et voyons comment sa construction est mise en harmonie avec le rôle qui lui est départi ; ce que nous dirons à cet égard s'appliquera naturellement à un grand nombre d'espèces, dont nous ne parlerons qu'autant qu'elles pourront offrir des particularités propres à éclairer notre sujet.

I. DU TRONC.

L'appareil central du squelette, qu'on appelle le *tronc*, résulte de l'assemblage de plusieurs pièces, et d'abord d'une série de vertèbres placées les unes à la suite des autres, pour constituer la colonne vertébrale, qui porte la cage thoracique dans son milieu, la tête à une de ses extrémités, et se termine, à l'extrémité opposée, en un appendice d'une grande mobilité.

La colonne vertébrale, analogue au faîte d'une charpente, constitue un levier brisé, flexible en divers sens, coudé en plusieurs points, destiné à servir de point

d'appui à un grand nombre de puissances musculaires, et à devenir l'agent de transmission des mouvements développés dans les autres parties de l'appareil locomoteur.

La vertèbre, ou l'élément osseux, qui, répète un plus ou moins grand nombre de fois, et modifié de diverses manières, constitue l'immense levier rachidien, est un os court, irrégulier, hérissé d'éminences, creusé de cavités, et pourvu de surfaces articulaires dont la configuration et le mode d'union donnent au levier une solidité et une mobilité variables suivant les régions. Il importe, en la considérant sous le rapport mécanique, de se rappeler qu'elle se divise en deux parties distinctes qui ont chacune un rôle spécial ; le corps portant en avant la tête et en arrière une cavité, l'arc ou partie spinale sur laquelle se trouvent les apophyses articulaires, les épineuses, et même les transverses pendant la vie fœtale.

Par le corps, les vertèbres sont réunies au moyen de disques fibro-cartilagineux très résistants. L'articulation qui s'opère entre elles, à cette région, est le point le plus solide, mais le moins mobile de la colonne épinière. L'amphiarthrose vertébrale forme, en quelque sorte, le centre du mouvement qui se produit entre deux vertèbres lors de la flexion, de l'extension ou de l'inclinaison générale du rachis. Là le mouvement est très limité, tandis qu'il est porté à son maximum entre les facettes articulaires de la partie spinale. Du reste, le degré de mobilité des vertèbres les unes sur les autres est fort variable suivant la disposition même des surfaces articulaires. Là, en effet, où la tête de la vertèbre est arrondie, bien détachée, la cavité de réception profonde, là aussi la mobilité est très grande; au contraire, dans les points où cette tête n'est constituée que par une surface légèrement convexe, et la cavité par une autre à peine excavée, comme dans les régions du dos et des lombes, la mobilité est infiniment moins considérable. Mais ce n'est pas seulement cette différence dans la disposition de la tête et de la cavité, qui établit une opposition si remarquable entre la mobilité du cou et celle de la région dorso-lombaire; la longueur des vertèbres, la forme de leurs surfaces articulaires supérieures, la hauteur de leurs apophyses épineuses, contribuent également pour beaucoup à augmenter ou à restreindre l'étendue des mouvements.

Chez l'homme, la colonne vertébrale offre sur sa longueur plusieurs courbures plus ou moins prononcées : une première au cou, dont la concavité est postérieure ; une seconde au dos, à concavité antérieure; une troisième aux lombes, inverse de la seconde; enfin, une quatrième à la région sacrée, ayant sa concavité tournée du côté de la cavité pelvienne. Il n'en est pas de même chez les animaux, dont la station est si différente de la nôtre. Chez eux, la colonne vertébrale ne forme que deux grandes courbures : une comprenant le dos, les lombes et la région sacrée; et une autre courbure opposée à celle-là dans la région cervicale. La première devait nécessairement exister pour donner à la colonne vertébrale la force de supporter le poids des viscères appendus sous le rachis ; et la seconde, pour rendre aux muscles cervicaux le soutien de la tête moins pénible.

Les diverses parties de la colonne vertébrale n'ayant pas un rôle mécanique uniforme, elles doivent nécessairement présenter, chacune, des modifications en rapport avec la spécialité fonctionnelle qui leur est départie. Voyons en quoi ces dernières consistent.

1° **Région cervicale.** — Le cou et la région coccygienne sont les sections du rachis qui éprouvent les plus grandes variations de longueur, car ce sont celles qui peuvent changer le plus facilement de dimensions sans donner lieu à des modifications bien essentielles dans les organes qui les avoisinent. Le plus ou le moins de longueur du cou ne produit qu'un simple changement dans les dimensions de la trachée, de l'œsophage et des muscles cervicaux ; mais une variation, si légère qu'elle soit, ne peut s'opérer dans la longueur du dos et des lombes, sans que la solidité de la colonne vertébrale soit augmentée ou diminuée, et sans qu'il en résulte des changements dans les dimensions du thorax et de l'abdomen.

L'encolure destinée à supporter la tête, à la diriger dans tous les sens, et à lui permettre de toucher au sol pour la préhension des aliments, devait avoir, avant tout, une grande mobilité et une longueur proportionnée à la hauteur du corps, ou au moins à celle des membres antérieurs. Sans cette dernière condition, l'animal ne pourrait prendre sa nourriture à terre. Aussi tous les animaux à taille élevée, tels que les solipèdes, les grands ruminants, les cerfs, les lamas, le chameau, la girafe, ont l'encolure très longue. Si l'éléphant fait exception à cette règle, c'est parce que sa trompe, suppléant à la brièveté de son cou, vient rencontrer le sol pour y saisir les aliments. C'est même cette disproportion de longueur entre le cou et les membres thoraciques, qui a été pour Cuvier une preuve de l'existence de la trompe chez les pachydermes fossiles dont il rétablissait les espèces.

La longueur et la brièveté de l'encolure sont indépendantes, dans les mammifères, du nombre des os qui lui servent de base, puisque tous ces animaux, à part une ou deux exceptions encore douteuses, n'ont que sept vertèbres cervicales. Elles tiennent donc uniquement à la longueur même de ces vertèbres ; et, par là, on peut se figurer quelle énorme différence il doit exister sous ce rapport entre les vertèbres cervicales du porc et celles de la girafe.

Sa direction est subordonnée à sa longueur et au poids de la tête. Plus cette région devient longue, plus elle s'affaiblit relativement à la sustentation de la tête ; il faut alors qu'elle se redresse plus ou moins, afin que la tête pèse d'un poids un peu moins lourd à l'extrémité du levier cervical. Voyez, en effet, tous les animaux qui ont l'encolure longue, comme elle est relevée. Y a-t-il des espèces qui aient le cou plus relevé que le lama, le chameau, la girafe? Y en a-t-il qui aient le garrot plus saillant pour donner attache au ligament cervical et aux extenseurs de la tête? Toutefois ce redressement ne donne pas à l'encolure une très grande force pour supporter la tête. Aussi la voit-on courte et sensiblement horizontale chez ceux qui ont la tête lourde et massive; tels : l'hippopotame, l'éléphant, le rhinocéros, le porc et le bœuf.

Par suite des seules variétés de proportions, l'encolure doit avoir, chez certains animaux, plus de mobilité et moins de force; chez d'autres, plus de force et moins de mobilité. Il faut examiner les dispositions diverses desquelles dérivent ces variations.

Parmi les conditions de mobilité de la région cervicale, la première est, incontestablement, la longueur des vertèbres. Lorsqu'un levier du troisième genre, placé dans une direction horizontale, s'élève sur le point fixe de l'une de ses extrémités, l'arc qu'il décrit va en augmentant progressivement d'étendue de ce point fixe, où

il est presque insensible, vers son extrémité opposée, où il est très considérable. Or, l'arc décrit par l'extrémité supérieure du cou sera d'autant plus grand, que cette région sera elle-même plus longue. D'ailleurs, le mouvement total étant la résultante des mouvements partiels, et le déplacement de chacune des vertèbres étant proportionnel à sa longueur, il est évident que l'étendue du déplacement d'ensemble sera en raison des dimensions plus ou moins grandes des vertèbres cervicales.

Une seconde condition de mobilité réside dans la disposition des surfaces articulaires qui sont configurées de manière à permettre aux vertèbres de se mouvoir avec facilité les unes sur les autres. Ainsi leur tête est longue, arrondie, bien détachée; sa cavité de réception large et profonde. Si celle-ci n'eût été disposée que pour emboîter exactement celle-là, elle n'eût pas laissé assez de liberté aux mouvements; mais en offrant une largeur beaucoup plus grande que celle qui serait rigoureusement nécessaire à la réception de la tête, elle lui permet un jeu très étendu. Les surfaces articulaires de la partie spinale sont larges, planes et lâchement unies entre elles; les antérieures regardent en haut et sont légèrement inclinées en dedans; les postérieures regardent en bas et en dehors. Une telle disposition facilite éminemment la flexion et l'extension de l'encolure en laissant déjà un peu moins de liberté aux déplacements latéraux qui auraient été très difficiles et excessivement bornés, si les surfaces antérieures eussent été fortement inclinées en dedans et les postérieures en dehors; si, en un mot, elles eussent ressemblé aux surfaces articulaires des vertèbres lombaires.

Enfin, la troisième condition qui contribue à la mobilité du cou, tient à l'absence ou à l'état rudimentaire des apophyses épineuses. Si les vertèbres cervicales eussent présenté, au lieu de crêtes, des épines plus ou moins élevées, comme dans le porc, par exemple, et si elles eussent été réunies à leur sommet par un ligament inextensible, la flexion et l'extension de l'encolure eussent été aussi bornées que celles du dos et des lombes.

Quoique les dispositions qui donnent à la région cervicale sa mobilité se retrouvent dans chacune des vertèbres, celles-ci ne sont pas toutes mobiles au même degré. Leur mobilité va en décroissant de la première ou de la seconde à la dernière, parce qu'elles diminuent de longueur depuis l'axis jusqu'à la proéminente, et que leurs apophyses épineuses s'élèvent à mesure qu'on s'approche de la région dorsale. La première, ou l'atlas, offre, dans son articulation avec l'occipital, des surfaces qui permettent des mouvements latéraux assez étendus. La seconde, dont la moitié postérieure ressemble, à peu de chose près, à la moitié correspondante des autres, offre en avant une forme insolite : sur le prolongement de son axe, une éminence semi-circulaire faisant l'office d'un pivot, et de chaque côté une surface articulaire arrondie répondant à une pareille facette de l'atlas. C'est par le pivot odontoïdien que la tête et la première vertèbre peuvent exécuter des mouvements de semi-rotation sur l'encolure.

On voit donc que rien n'a été épargné dans les vertèbres cervicales pour donner au cou et à la tête la plus grande mobilité; mais comme cette région n'est pas, dans tous les animaux domestiques, également mobile et également forte, il faut rechercher les particularités qui peuvent rendre compte de ces différences.

Chez le cheval, celui de nos animaux qui, proportionnellement, a l'encolure la

plus longue, les vertèbres cervicales réunissent les trois principales conditions d'où dérive la mobilité : elles sont longues, leurs apophyses articulaires larges et peu obliques ; enfin, leurs apophyses épineuses, réduites à l'état de crêtes peu saillantes, si ce n'est dans les deux dernières. La longueur totale de la région cervicale est à celle du dos comme 7 est à 8, c'est-à-dire d'un huitième moins considérable que cette dernière, formée cependant de dix-huit vertèbres. Si les vertèbres dorsales, au lieu d'être aussi courtes, eussent présenté la même longueur que les cervicales, elles eussent occupé à peu près l'étendue totale du dos, des lombes et de la région sacro-coccygienne.

Chez d'autres animaux, la longueur du cou est encore plus considérable, comme chez la girafe et le dromadaire, dont les vertèbres cervicales sont excessivement allongées : aussi ont-ils le cou très mobile. Un très grand nombre d'oiseaux, notamment les échassiers et les palmipèdes, offrent dans cette région une longueur relative plus grande encore, mais les proportions exagérées qu'elle acquiert alors ne tiennent pas seulement à l'élongation des vertèbres, elles dérivent surtout d'une augmentation dans le nombre de ces os, nombre qui est souvent très élevé, comme, par exemple, dans le coq, où il est de 13, de 17 dans le héron, de 18 dans l'autruche, de 19 dans la grue, et de 23 dans le cygne. Les muscles, si multipliés autour de cette région, achèvent de lui donner la souplesse et l'extrême mobilité dont elle jouit dans cette classe de vertébrés.

Telles sont les conditions qui donnent la mobilité à la région cervicale. Il en est d'autres qui lui donnent plus ou moins de résistance et de solidité : ce sont la brièveté des vertèbres, leur largeur, l'obliquité très prononcée de leurs surfaces articulaires, le peu de saillie de la tête, et le peu de profondeur de la cavité destinée à la recevoir, l'élévation des apophyses épineuses, et l'enclavement des apophyses transverses les unes dans les autres ; toutes dispositions qui se retrouvent, à des degrés variables, dans le porc, le sanglier, l'éléphant, le rhinocéros, le bœuf et plusieurs animaux carnassiers. Chez les uns, elles sont nécessaires pour donner au cou la force de supporter la tête ; chez les autres, elles sont indispensables au déploiement des forces musculaires des mâchoires ou à certaines actions, telles que celle de fouir la terre ou de creuser des galeries souterraines.

Déjà dans le bœuf, parmi nos espèces domestiques, ces diverses conditions se remarquent à un certain degré. La longueur totale du cou n'est plus à celle du dos que comme 4 1/2 est à 8, par conséquent un peu plus de la moitié de cette dernière, qui se compose de 13 pièces. Dans le porc, les dispositions qui donnent la solidité à l'encolure du bœuf s'exagèrent encore. Les vertèbres sont courtes et larges, elles s'imbriquent les unes dans les autres par leurs apophyses trachéliennes; les surfaces articulaires spinales sont tellement obliques, qu'elles doivent limiter considérablement les mouvements latéraux ; de plus, les apophyses épineuses sont assez élevées ; la longueur de la région est si réduite, qu'elle ne peut atteindre la moitié de celle du dos : elle est à peu près, relativement à cette dernière, comme 2 est à 4 1/2.

Ainsi donc, le cheval d'une part, le bœuf et le porc de l'autre, présentent un contraste remarquable. Chez le premier, tout est disposé pour favoriser la mobilité; chez les seconds, tout concourt à donner au cou la plus grande force en ne lui laissant qu'une mobilité fort restreinte. Ces deux aptitudes opposées sont incompa-

tibles : dès l'instant que l'une augmente, l'autre diminue. Mais cet antagonisme n'est jamais poussé à l'extrême : l'encolure la plus mobile a encore une certaine force, de même que la plus solide conserve une certaine mobilité.

Il ne faudrait pas croire (et ceci est de la dernière évidence) que toutes les conditions de force et de mobilité résident dans le nombre des vertèbres, leur longueur ou leur brièveté, le développement de leurs éminences, la configuration de leurs surfaces articulaires ; elles se trouvent aussi en partie dans le nombre, le volume et la disposition des muscles cervicaux, ainsi que dans la présence, l'absence du ligament cervical. Ce n'est que par le concours de ces dispositions savamment combinées, que le cou de certains animaux jouit d'une mobilité extrême, tandis que celui de certains autres possède la plus grande force.

2° **Région dorsale.** — Ici les choses changent d'aspect. L'encolure n'était, en définitive, qu'un appendice du tronc, levier flexible, destiné à soutenir la tête et à la porter dans toutes les directions ; la région dorsale, chez les quadrupèdes, est une partie bien autrement importante au point de vue de la mécanique animale. Elle forme avec la région lombaire un autre levier très solide qui réunit le train antérieur au postérieur à la manière d'un pont jeté de l'un à l'autre. C'est en quelque sorte le faîte de la charpente, la clef de voûte à laquelle sont appendus des viscères très lourds, et au-dessous de laquelle passe la ligne de gravitation du corps. Ce second levier, destiné d'une part à soutenir un poids considérable, et de l'autre à transmettre aux extrémités antérieures l'impulsion produite par les postérieures, doit avoir une flexibilité très restreinte avec une force plus ou moins considérable. Elle est admirablement appropriée à ces deux destinations.

Sa *solidité* dépend surtout de deux conditions, savoir : sa longueur et sa direction ; elle dépend, en outre, de la forme, des dimensions des vertèbres et des muscles qui les entourent.

La longueur du dos ne paraît pas en rapport direct avec le nombre des pièces qui le composent. Il est des animaux dont la région dorsale a une grande étendue avec un nombre assez restreint de vertèbres. Ainsi le putois et la belette, qui n'ont que 14 vertèbres dorsales, ont cependant le dos proportionnellement plus long que la girafe, qui en a la même quantité. Ce nombre est, du reste, fort variable parmi les mammifères, puisqu'il peut aller de 11 à 24. Le minimum n'est, à la vérité, qu'une exception fort rare qui s'observe dans les chauves-souris ; le maximum est particulier au *Bradypus didactylus*. Les intermédiaires s'observent parmi des espèces très différentes les unes des autres. On trouve, par exemple, 12 vertèbres dorsales dans l'homme, beaucoup de singes, dans la marmotte, le lièvre, le lapin, le lama, la vigogne, le dromadaire et le chameau ; 13 dans le chien, le chat, le loup, le renard, le lion, le tigre, la panthère, le mouton, la chèvre, le chamois, le chevreuil, le daim, le cerf, l'antilope, le bœuf ; 14 dans l'ours, le morse, le sanglier, le cochon, le renne, la girafe, le dauphin, le cachalot ; 15 dans le hérisson, le blaireau, l'hyène tachetée, plusieurs phoques, l'hippopotame, la baleine ; 16 dans l'hyène rayée, le tamanoir, le fourmilier didactyle, le lamantin ; 17 dans le tamandua, l'ornithorhynque ; 18 dans le cheval, l'âne, le mulet, le zèbre, le couagga ; 19 dans le rhinocéros des Indes, celui de Java, et le tapir indien ; 20 dans l'éléphant des Indes et l'éléphant d'Afrique. Ces nombres ne sont pas, du reste, abso-

lument invariables dans chaque espèce. Il n'est pas rare d'y trouver des exceptions parmi nos animaux domestiques. Ainsi le cheval a souvent 19 côtes avec 19 vertèbres dorsales, comme il a quelquefois 8 vertèbres cervicales.

Les vertèbres du dos sont généralement plus courtes que les cervicales ; elles diminuent de largeur de la première à la dernière, et quelquefois de longueur dans le même sens. Leur tête, qui est à peine saillante, si ce n'est dans les premières, forme, dans la plupart, une surface à peine bombée, reçue dans une cavité glénoïde peu excavée. Les facettes articulaires de la partie antérieure de la région sont planes ; les antérieures regardent en dehors, les postérieures en bas et en dedans. Les facettes des dernières ressemblent à celles des vertèbres lombaires, c'est-à-dire que les unes constituent une sorte de demi-gond reçu dans une cavité appropriée de la vertèbre suivante. Leurs apophyses transverses sont rudimentaires, mais leurs apophyses épineuses sont fort longues. Ces éminences très élevées, plus ou moins aplaties, renflées à leur sommet, constituent le cachet distinctif des vertèbres dorsales. Les premières sont les plus hautes et les plus inclinées en arrière ; elles sont d'autant plus prononcées que les animaux ont l'encolure plus longue ou la tête plus pesante, comme les solipèdes et les ruminants. Elles donnent attache au ligament cervical, à plusieurs muscles du cou, et à la grande puissance musculaire représentée par l'ilio-spinal. Leur hauteur a un immense avantage, notamment dans les animaux dont l'encolure est relevée. L'espace triangulaire fort étendu qu'elles laissent entre elles et les vertèbres du cou est rempli par les muscles cervicaux supérieurs et le ligament cervical. Ce ligament et ces muscles sont dans des conditions d'autant plus favorables à leur puissance, qu'ils sont plus éloignés de la ligne des vertèbres, leurs surfaces d'implantation deviennent plus étendues, et le releveur propre de l'épaule acquiert plus de longueur. La hauteur des apophyses épineuses du garrot a aussi un autre avantage purement mécanique : elle contribue à la solidité de la région dorsale qui peut être considérée comme une poutre mise de champ, et qui, par conséquent, a plus de force que si elle était mise sur plat, c'est-à-dire en sens inverse. Leur inclinaison a aussi une influence facile à comprendre. Les antérieures étant inclinées en arrière, les postérieures étant droites et même un peu inclinées en avant comme celles des vertèbres lombaires, il en résulte que lorsque la région dorso-lombaire tend à devenir concave supérieurement, les apophyses épineuses antérieures viennent arc-bouter sur les postérieures, et restreindre d'une manière tout à fait passive cette tendance ; la flexion s'effectue bien dans de certaines limites, mais elle trouve bientôt une résistance et même un obstacle invincible.

La solidité de la région dorsale dépend beaucoup de ses dimensions en longueur. On conçoit que cette solidité sera en raison directe de la brièveté de la région. Plus, en effet, le dos sera court ainsi que les lombes, plus la tige transmettra intégralement aux membres antérieurs l'impulsion développée par les postérieurs, impulsion qui se perd en partie en tendant à fléchir la tige lorsqu'elle est longue et flexible. Ensuite celle-ci sera d'autant plus apte à soutenir la masse des viscères suspendus au-dessous d'elle ou les poids dont on pourra charger accidentellement les animaux, qu'elle aura moins de longueur. Ces propositions sont trop évidentes pour avoir besoin de démonstration. Qui ne sait que la poutre, la travée d'un pont, le levier, sont d'autant moins flexibles qu'ils sont plus courts ? Le cheval, le chameau, l'élé-

phant, le mulet, l'âne, ne sont-ils pas propres à porter des fardeaux, surtout parce qu'ils ont le dos et les reins d'une brièveté plus ou moins prononcée ?

La longueur du dos est supérieure à celle du cou dans tous les mammifères domestiques. En moyenne, la première est à la seconde : : 45 : 39 dans le cheval, : : 45 : 32 dans le taureau, : : 40 : 30 dans la vache, et : : 55 : 25 dans le porc ; mais il y a à cet égard des variations notables suivant les races. Quelques mammifères dont l'encolure est très longue offrent un rapport inverse. Ainsi, dans le dromadaire, la longueur du dos est à celle du cou : : 45 : 60, dans le lama : : 36 : 51, et dans la girafe : : 48 : 84.

La direction de la région dorsale exerce aussi bien que sa longueur une grande influence sur sa force et sa solidité. Cette direction ne saurait être appréciée exactement à l'extérieur à cause de la hauteur inégale des apophyses épineuses qui donnent souvent à la région une concavité supérieure, alors qu'il y a dans tous les mammifères une concavité inférieure. Celle-ci n'est pas aussi prononcée dans tous les animaux : elle l'est peu dans les solipèdes et les ruminants, beaucoup plus dans le porc et le sanglier, qui ont le dos bombé supérieurement. Ce qui fait paraître ensellé le dos de certains animaux, c'est le développement considérable des apophyses épineuses du garrot, et une légère élévation du sommet de la croupe. Dans ce cas, si l'on envisage la ligne supérieure et la ligne inférieure du dos, on voit qu'elles forment deux croissants ou deux arcs adossés par leur convexité.

Il est facile de voir que cette disposition est, en somme, plus favorable que celle dans laquelle la tige dorsale serait tout à fait droite. Il est vrai que si celle-ci n'avait pour office que de transmettre une impulsion, elle remplirait d'autant mieux ce but qu'elle serait plus rectiligne, puisque dans cette hypothèse, elle n'aurait pas de tendance à la flexion ; mais comme elle a, en même temps, d'autres fonctions importantes, et notamment celle de soutenir le poids des viscères suspendus au-dessous d'elle, la direction en voûte lui devient très favorable. Le poids de ces viscères est une puissance *passive*, mais incessante, à laquelle devait nécessairement être opposée une résistance ; or cette résistance n'étant ni dans les muscles, ni dans les ligaments, puisque l'ilio-spinal et le ligament sus-épineux dorso-lombaire ne mettent nul obstacle au redressement, ni même à la flexion à concavité supérieure de la région dorsale, elle devait se trouver dans une disposition purement mécanique ; effectivement, elle réside dans la voussure à concavité inférieure.

Mais la disposition en voûte, tout en constituant un avantage pour la suspension des organes placés sous la colonne vertébrale, devient préjudiciable à la transmission sans perte de l'impulsion produite par les membres postérieurs, impulsion dont une partie est perdue par le fait de l'augmentation de la courbure. Il semble qu'il y ait là contradiction. Voyons cependant, et bientôt nous serons convaincus que la contradiction n'est qu'apparente.

L'impulsion serait transmise sans perte si la tige dorso-lombaire était droite, mais comme celle-ci est courbe, la force impulsive qui lui est communiquée tend à la fléchir ou plutôt à augmenter son incurvation. Néanmoins elle ne la fléchit pas et elle ne rend point la courbure plus prononcée. Quelle peut en être la cause ? Faudra-t-il qu'une puissance musculaire s'use à neutraliser cette tendance continuelle ? Non ; une puissance mécanique qui ne se fatigue point remplira cet office,

et cette force sera représentée par le ligament sus-épineux. Quand elle sera insuffisante, la contraction de l'ilio-spinal viendra à son secours.

Tout est donc disposé pour rendre le levier dorsal très solide : il faut voir comment les conditions de force se concilient avec celles d'une certaine mobilité.

La mobilité de la région dorsale doit être très obscure, et nous avons vu que diverses dispositions contribuent à la restreindre dans le but d'accroître la solidité. On conçoit, d'ailleurs, que la première était peu nécessaire, lors même qu'elle n'eût pas été incompatible avec la seconde. Cette mobilité est assez sensible pour qu'il puisse se produire une flexion à concavité, soit supérieure, soit inférieure, et une légère inclinaison latérale.

La flexion en bas, ou à concavité inférieure, n'est que l'exagération de l'état normal. Elle tend à se produire par l'effet de l'impulsion développée dans les extrémités postérieures ; mais elle est limitée d'abord par la résistance passive du ligament sus-épineux et des inter-épineux, ensuite par la contraction du muscle ilio-spinal. La flexion à concavité supérieure dérive de l'action de ce dernier muscle. Elle tend à se produire par la traction qu'opèrent les viscères placés sous la tige vertébrale et surtout par l'action des fardeaux dont on charge les animaux ; elle est d'autant plus facile que la région est plus droite ou moins concave inférieurement ; elle est, au contraire, d'autant plus difficile que le dos est plus arqué. Aussi les espèces à dos convexe, comme l'âne et le mulet, conviennent-elles mieux pour le bât que celles dont la région dorsale a une direction opposée. Quoi qu'il en soit, cette flexion est limitée mécaniquement par les apophyses épineuses qui viennent arc-bouter les unes sur les autres par leur extrémité supérieure. Ces deux sortes de flexion sont loin d'être également prononcées dans toutes les parties du dos. La moitié antérieure en est moins susceptible que l'autre, surtout à cause de la résistance opposée par les côtes qui s'appuient sur le sternum. La dernière se fléchit plus facilement, parce que les côtes asternales manquent d'appui à leur extrémité inférieure, et pour d'autres causes faciles à saisir.

Quant aux mouvements latéraux, ils sont difficiles et peu étendus, les surfaces articulaires étant disposées pour les restreindre dans d'étroites limites. Antérieurement, ils ne peuvent être que très obscurs par suite de la fixité des arcs costaux à leurs deux extrémités, fixité qui exigerait une flexion latérale du sternum pour permettre à la région dorsale des mouvements latéraux d'une certaine étendue ; or, cette flexion du sternum est impossible, si ce n'est dans les animaux carnassiers où cet os est mince et fort allongé. Postérieurement, ils s'effectuent plus aisément : lorsque la colonne dorsale se fléchit à droite, la région costale correspondante se fléchit et devient concave dans le même sens ; celle-ci devient au contraire convexe lorsque l'inclinaison a lieu du côté opposé.

Ces divers déplacements sont portés à leur maximum lorsque la colonne dorsale est longue comme dans les carnassiers vermiformes, le putois, la belette, l'hermine, et même comme dans beaucoup d'autres animaux de cet ordre, tels que le chat, le renard, etc. Ils sont encore incomparablement plus étendus chez les serpents dont les vertèbres costales sont si nombreuses. Et l'on conçoit qu'ils atteignent leurs limites extrêmes chez les espèces qui possèdent des centaines de vertèbres, chez la vipère, par exemple, qui en a 145, le boa 248, et une espèce de python jusqu'à 320.

Dans les oiseaux, au contraire, qui n'ont que de 7 à 11 vertèbres dorsales courtes et presque soudées les unes aux autres, il n'y a, pour ainsi dire, pas de mobilité à la région dorsale, dont la fixité était indispensable à la solidité du thorax et à l'appui des ailes.

3° **Région lombaire.** — Des trois grandes régions du rachis, la cervicale est la plus mobile, la dorsale la plus fixe et la plus solide ; la région lombaire va tenir une sorte de milieu entre ces deux extrêmes.

Ce qui lui laissera une certaine liberté, surtout pour les mouvements latéraux, sera l'absence d'arcs costaux qui sont, comme nous l'avons vu, des obstacles constants aux déplacements de la tige dorsale. Il était indispensable que cette région eût une mobilité supérieure à celle du dos, tout en conservant une assez grande force, notamment chez les animaux de taille élevée, mais elle n'acquerra de la résistance que par sa brièveté. Ainsi, en faisant abstraction de la forme, du volume et du mode d'union des vertèbres, on peut dire que plus la région lombaire sera courte, plus elle sera forte, et réciproquement.

Sa longueur, qui tient en général le milieu entre celle du cou et celle du dos, est plus considérable dans la plupart des grands mammifères. Dans le cheval, elle est à celle du dos :: 16 : 45 ; dans le taureau :: 22 : 45 ; dans la vache :: 22 : 40 ; dans le dromadaire :: 24 : 44 ; dans le lama :: 14 : 18 ; dans l'âne :: 18 : 59 ; dans le porc :: 18 : 27. Ainsi la longueur des lombes est un peu plus du tiers de celle du dos dans le cheval, un peu moins de ce tiers dans l'âne, la moitié environ dans le bœuf, etc. D'après Cuvier, le rapport serait :: 23 : 140 dans l'éléphant des Indes, :: 37 : 105 dans l'hippopotame, et :: 20 : 134 dans le rhinocéros.

L'étendue de la région lombaire dépend du nombre des vertèbres qui la composent ou de l'élongation de chacune d'elles. Ce nombre varie de 1 à 7 dans les mammifères (1). Il y en a 2 dans le tamanoir, l'échidné épineux, l'ornithorhynque ; 3 dans l'unau, le tamandua, l'éléphant des Indes, l'éléphant d'Afrique, le rhinocéros des Indes, le rhinocéros de Java ; 4 dans l'orang-outang, l'hippopotame, le rhinocéros d'Afrique, le tapir ; 5 dans l'hyène tachetée, l'âne, la girafe ; 6 dans beaucoup de singes, l'ours brun, l'ours blanc, le babiroussa, le cheval, le zèbre, le couagga, le bœuf, le mouton, la chèvre, le daim, le cerf, le chevreuil, le buffle, le chamois ; 7 dans un grand nombre d'espèces de singes, dans le loup, le renard, le chacal, le lion, le tigre et tous les chats, le lièvre, le lapin, le dromadaire, le chameau, le lama, la vigogne, le porc et le sanglier.

Ainsi, chose remarquable, l'âne, qui est très apte à porter des fardeaux, n'a que 5 vertèbres lombaires, et le mulet le plus souvent aussi le même nombre ; mais le lama, le dromadaire et le chameau, qui possèdent la même aptitude, en ont 7, c'est-à-dire le nombre maximum.

Les vertèbres lombaires offrent quelques particularités anatomiques essentielles à noter pour bien se rendre compte du mécanisme de la région. Elles sont sensiblement plus longues et plus larges que les dorsales, mais leur largeur va en augmentant de la première à la dernière dans les solipèdes, les ruminants et la plupart des autres mammifères. Leur corps est aplati de dessus en dessous, leur tête et leur cavité sont peu prononcées ; leurs apophyses épineuses, inclinées en avant, surtout chez les carnivores et les rongeurs, tels que le lièvre et le lapin, sont minces et quel-

(1) Voy. Cuvier, *Anatomie comparée*, t. III, p. 177.

quefois surmontées d'une lèvre raboteuse; enfin, leurs apophyses transverses et leurs apophyses articulaires leur donnent une physionomie tout à fait caractéristique.

Les apophyses transverses, longues, aplaties de dessus en dessous, et presque horizontales dans les solipèdes, sont légèrement recourbées en bas et dirigées en avant dans le bœuf, le dromadaire et plusieurs autres ruminants, chez lesquels la pénultième et l'antépénultième sont les plus longues; elles sont encore plus incurvées dans le porc et plus recourbées en avant chez le chien, le chat, et notamment le lièvre, le lapin, ainsi que chez tous les animaux sauteurs.

Les apophyses articulaires ont une disposition fort remarquable portée à son plus haut degré dans le bœuf et quelques autres ruminants. Les postérieures forment chacune un demi-cylindre ou plutôt un demi-gond dirigé suivant l'axe de la vertèbre, et portant deux facettes, l'une supérieure, l'autre inférieure. Les antérieures, recourbées de dehors en dedans, sont creusées d'une gouttière qui reçoit et enclave exactement les premières, à peu près comme le fait la cavité glénoïde du temporal pour le condyle des animaux carnassiers. Ce mode d'union est loin cependant d'être général : on ne le retrouve ni chez le chien et chez le chat, ni chez les rongeurs.

Un tel genre d'articulation permet à la région lombaire de se fléchir en décrivant une concavité inférieure et de s'incliner latéralement; mais il borne singulièrement le mouvement par lequel elle tend à devenir concave à la partie supérieure. C'était, en effet, ce dernier mouvement qu'il importait le plus de restreindre, car il tend sans cesse à se produire par la traction qu'exercent les viscères abdominaux sur la colonne vertébrale, et à s'exagérer sous la pression des fardeaux dont on charge les animaux. Par suite de cette heureuse disposition mécanique, le déploiement d'une grande force musculaire pouvait être évité. Et là, comme dans tant d'autres circonstances, la nature a su opposer à des tendances continuelles et énergiques des puissances mécaniques qui agissent sans se fatiguer et d'une manière incessante. Le but eût été mal rempli, et avec beaucoup de dépense, par des forces musculaires qui se fatiguent et ne peuvent agir que par intermittences.

Ainsi disposée, la région lombaire jouit d'une assez grande solidité. Sa résistance dérive principalement du peu d'étendue en longueur de la totalité des vertèbres et de leur mode de jonction, soit entre elles, soit avec le sacrum.

D'abord, la région des lombes est solide à cause de sa situation. La tige dorso-lombaire, dans son ensemble, est une tige de transmission et un levier articulé plus ou moins flexible. Or, cette tige a moins de tendance à se courber et à se rompre à ses extrémités que dans son milieu, qui est en avant de la jonction des vertèbres lombaires avec les dorsales. Par sa position même, la région dont nous parlons a déjà une condition de résistance et de solidité. Mais elle en a d'autres encore : la plus importante de ces dernières est la brièveté. Voyez la plupart des mammifères de haute stature : le cheval a 6 vertèbres lombaires, mais elles sont courtes; le mulet en a plus souvent 5 que 6; l'âne n'en a jamais que 5, et ces deux derniers solipèdes les ont proportionnellement plus courtes que le premier. Il n'y en a que 4 dans l'hippopotame, le rhinocéros d'Afrique et les tapirs; il n'y en a même que 3 dans les éléphants, le rhinocéros des Indes et celui de Java : or, tous ces quadrupèdes de grande taille avaient besoin d'une grande force dans les reins. Les animaux qui ont les vertèbres des lombes plus nombreuses ou plus longues que les

précédents, ont la région correspondante peu solide, mais en revanche très flexible. Cette flexibilité est déjà sensiblement plus prononcée chez le bœuf que chez le cheval, mais elle est portée à l'extrême dans un grand nombre d'espèces carnassières.

Une seconde condition de solidité des lombes tient aux articulations qui sont fort remarquables dans les solipèdes. La dernière vertèbre lombaire de ces animaux ne s'unit pas seulement avec le sacrum par son corps et ses éminences articulaires spinales, comme on le voit pour les autres espèces, elle s'articule encore avec lui par ses apophyses transverses épaisses et pourvues en arrière de surfaces allongées transversalement, qui se mettent en rapport avec les ailes du sacrum. De plus, l'apophyse transverse de cette même vertèbre se met en contact, dans une grande partie de son étendue, avec celle de l'avant-dernière. En raison de cette particularité, sur laquelle on ne paraît pas avoir assez insisté, la mobilité qui existe entre la région lombaire et la sacrée est fort restreinte. On la retrouve avec quelques modifications dans l'hippopotame, le rhinocéros et les tapirs « dont les dernières apophyses transverses, extrêmement larges, s'articulent au moyen d'un prolongement postérieur, et souvent se soudent ensemble (1). »

Enfin, le développement en largeur des vertèbres, la fermeté de leurs moyens d'union, le volume des muscles qui les entourent, achèvent de donner de la force à la région des lombes.

Quant à la mobilité de celle-ci, elle est nécessairement en raison inverse de sa solidité, et par conséquent, en raison directe de sa longueur. Ainsi beaucoup de carnassiers, tels que le loup, le renard ; de rongeurs, comme le lièvre, le lapin ; de pachydermes et de ruminants, comme le porc et le bœuf, qui ont les reins très longs, les ont très faibles. Mais pour diminuer leur faiblesse, ils sont voûtés et leurs vertèbres sont larges et fortes, surtout vers le sacrum. Ces animaux ont, en outre, les apophyses transverses de ces vertèbres inclinées en avant, comme pour donner plus d'avantage aux muscles psoas. Les lièvres et les lapins ont même à la face inférieure des deux premières un prolongement épineux servant de point d'attache aux muscles précités.

Cette mobilité permet à la région de devenir convexe supérieurement et inférieurement, c'est-à-dire, pour me servir d'une expression peu scientifique, mais très significative, de se courber en contre-haut ou en contre-bas ; elle lui permet de plus de s'incliner latéralement. Ces divers mouvements se produisent avec une remarquable facilité chez le chat, les carnassiers vermiformes, divers rongeurs, etc., mais ils sont moins faciles et moins souples chez les solipèdes et les ruminants de taille élevée. Cependant les mouvements latéraux ou de bercement si marqués dans le bœuf et si prononcés dans les chevaux qui ont éprouvé des efforts de reins, s'effectuent encore, sans beaucoup de peine, dans un certain nombre d'animaux. Ils sont, jusqu'à un certain point, limités par les apophyses transverses qui leur opposent un obstacle analogue à celui des côtes pour la flexion latérale du dos. En effet, dès que les reins s'inclinent à droite, les apophyses transverses de ce côté se rapprochent les unes des autres, jusqu'à venir se toucher par leurs extrémités, tandis que

(1) Cuvier, *Anatomie comparée*, t. I, p. 200.

celles du côté opposé s'écartent dans la même proportion ; or, le rapprochement de ces éminences étant nécessairement restreint, d'autant plus que l'avant-dernière est déjà en contact avec la dernière, et celle-ci avec le sacrum dans les solipèdes, il est évident que l'inclinaison latérale a des bornes rigoureusement déterminées.

La région lombaire réunie à celle du dos forme une tige dont la solidité et la mobilité varient donc suivant les points. Cette tige, arquée de manière à décrire une concavité inférieure, tend, d'une part, à se courber davantage par l'effet de l'impulsion des membres abdominaux, et d'autre part, à se redresser et même à devenir concave supérieurement par l'action du poids des viscères abdominaux. Les deux forces qui agissent sur elles portent leur action précisément dans son milieu, c'est-à-dire un peu en avant de la jonction des vertèbres lombaires avec les dorsales, au point où, suivant la judicieuse remarque de Barthez (1), la colonne est la plus faible. C'est là que se trouve le centre des courbures supérieures, inférieures ou latérales, là que les vertèbres sont menacées de luxation, là aussi qu'elles se fracturent le plus ordinairement. Il n'est donc pas étonnant qu'il se développe souvent à cet endroit des exostoses dont la présence donne lieu à une fausse ankylose analogue à la soudure accidentelle des vertèbres cervicales de l'hyène (2) et à celle qui s'observe plus fréquemment au cou des marsouins et des cachalots. Ces ossifications, fort communes même à la partie moyenne de la région dorsale ou au milieu des lombes, chez le mulet, l'âne et les chevaux employés au service du bât, ressemblent à ces pièces de fer que l'on place autour des poutres fendues ou brisées ; elles constituent, comme le dit M. Goubaux (3), le moyen employé par la nature pour donner plus de résistance à la colonne vertébrale, ou une sorte de réparation aux dommages causés dans la région dorso-lombaire.

4° **Région sacrée.** — Destinée à lier la région lombaire au coccyx, et surtout à fixer solidement le bassin au rachis, la région sacrée se compose d'un nombre variable de pièces osseuses ou de vertèbres normalement soudées entre elles par leur corps et leurs apophyses articulaires, et même dans beaucoup d'animaux par leurs apophyses épineuses.

L'os qui résulte de cette fusion a ordinairement la forme d'un triangle à base antérieure; il est plus large, dit-on, chez les animaux qui se tiennent quelquefois debout comme les ours, les singes, etc., que chez les autres. Sa jonction avec le bassin s'effectue par le moyen de deux ailes plus ou moins longues qui s'unissent, dans les solipèdes, avec les apophyses transverses de la dernière vertèbre lombaire.

L'utilité de la fusion des différentes pièces du sacrum entre elles et de leur union intime avec les os du bassin est trop évidente pour avoir besoin d'être démontrée. Déjà les deux coxaux sont soudés ensemble, afin que l'impulsion développée dans les membres postérieurs soit transmise au tronc, régulièrement et sans perte. Les vertèbres du sacrum le sont également et deviennent partie intégrante du bassin. Le système unique qui résulte de l'association de toutes ces pièces est admirablement

(1) *Nouvelle mécanique des mouvements de l'homme et des animaux*, 1798.

(2) Cuvier en a observé un exemple qui explique cette opinion des anciens, que le cou de l'hyène était formé d'un seul os. (*Anat. comp.*, t. I, p. 176.)

(3) *Recueil de médecine vétérinaire*, 1851, p. 425.

disposé, ainsi que nous le verrons bientôt, pour établir les connexions dynamiques qui existent entre le tronc et les extrémités postérieures.

A la suite du sacrum se trouvent les vertèbres coccygiennes, de plus en plus dégénérées comme les fleurs d'une inflorescence indéfinie. Les premières ont une cavité qui loge quelques filets de la queue de cheval, mais les suivantes ne constituent bientôt que des osselets allongés, cylindroïdes, un peu renflés à leurs extrémités par lesquelles ils se correspondent au moyen de surfaces convexes qui donnent à leurs articulations une extrême mobilité.

Ces os forment la base d'un appendice « que la nature a accommodé d'une manière merveilleuse aux besoins propres à chaque espèce : car quelques unes s'en servent pour se suspendre aux arbres ; le plus grand nombre l'emploient comme un fouet pour chasser les insectes parasites ; d'autres, comme certains cétacés, le meuvent pour diriger leur corps en nageant. Les castors en font usage comme d'une truelle pour construire leurs habitations (1), etc. »

II. DES MEMBRES.

A l'appareil central constitué par le rachis, la tête et le thorax, se trouvent annexés les appendices qui servent exclusivement à la locomotion, et dont le rôle doit, par conséquent, occuper une large place dans l'histoire de la mécanique animale.

Ce second appareil se compose de quatre extrémités distinguées en antérieures ou thoraciques, et en postérieures ou abdominales, lesquelles résultent d'une succession de rayons osseux fléchis les uns sur les autres et entourés de muscles destinés à les mouvoir dans tous les sens.

Ces rayons, en nombre égal dans les quatre extrémités, se correspondent exactement. Ce sont, pour les antérieures, le scapulum à l'épaule, l'humérus au bras, le radius et le cubitus à l'avant-bras, le carpe, le métacarpe et la région digitée au pied ; pour les postérieures, le coxal à la croupe, le fémur à la cuisse, le tibia, le péroné, la rotule à la jambe, le tarse, le métatarse et les phalanges au pied. Les rapports qui existent entre eux ont été déterminés par Vicq d'Azyr, Cuvier, M. Flourens : ils sont très intéressants au point de vue de l'anatomie transcendante, mais fort accessoires, pour la plupart, à la mécanique animale.

Les membres antérieurs et les postérieurs, ayant des fonctions communes et des fonctions spéciales, doivent aussi présenter certaines dispositions qui appartiennent à tous, et d'autres qui n'appartiennent qu'aux uns à l'exclusion des autres. Il suffit de jeter un coup d'œil sur leur ensemble pour être frappé à la fois de ces similitudes et de ces dissemblances. En effet, ils sont, les premiers comme les seconds, des agents de sustentation, et, à ce titre, ils offrent, dans l'arrangement de leurs rayons, la disposition de leurs muscles, le jeu de leurs articulations, des particularités à peu près pareilles pour tous. De plus, ils doivent se mouvoir de manière à soutenir alternativement le centre de gravité dans les divers mouvements de translation, et à cause de cela, les conditions dynamiques de leur rôle ont beaucoup de traits d'analogie. Mais les membres antérieurs sont surtout des colonnes de soutien. Placés très près du centre de gravité, ils supportent une plus grande partie du poids

(1) Cuvier, *Anatomie comparée*, t. I, p. 274.

du corps que les autres. A part les deux premiers rayons et ceux des doigts, tous les rayons intermédiaires ont une direction verticale très bien appropriée à la destination de ces colonnes. Les membres postérieurs sont bien aussi des agents de sustentation, mais ils sont en même temps les agents essentiels de la projection. Ce sont eux qui donnent l'impulsion au tronc et le lancent en avant lors des divers déplacements. Comme ils doivent agir à la manière des ressorts qui se détendent, leurs rayons sont fléchis les uns sur les autres, et ils remplissent d'autant mieux cet office qu'ils ne supportent pas la moitié du poids du corps.

Le rôle départi à chacun d'eux exigeait, pour les uns, un mode d'attache avec le tronc, différent de celui des autres. Les antérieurs, qui reçoivent la masse du corps projetée en avant, doivent conserver assez de force pour ne pas céder aux efforts qui tendent à les affaisser, et cependant assez de flexibilité pour amortir, en partie, la violence des chocs et des réactions. Aussi se trouvent-ils seulement unis au tronc par des muscles qui font l'office de mains ou de courroies élastiques; ils y sont fixés de plus, mais très faiblement, par des clavicules, chez un certain nombre de mammifères onguiculés. Les postérieurs, qui donnent l'impulsion, la transmettent au tronc sans perte et d'une manière sûre, devaient être unis intimement à ce dernier. Leurs rayons supérieurs, ou les coxaux, sont soudés ensemble pour former une vaste ceinture osseuse qui établit une intime solidarité entre les deux membres abdominaux d'une part, puis entre ceux-ci et le rachis de l'autre. Cette ceinture est articulée supérieurement avec les vertèbres sacrées qui, elles-mêmes, pour donner à l'ensemble une plus grande solidité, sont confondues en une seule pièce.

Les os qui entrent dans la composition des principaux rayons des extrémités sont, à part ceux du premier, des os longs constituant chacun un fragment de la colonne brisée, lequel réunit à lui seul les conditions de solidité mises en harmonie avec les exigences des insertions musculaires et des articulations.

D'abord, la nécessité de la multiplicité des rayons osseux ou la nécessité d'une colonne brisée, est évidente. L'esprit se refuse à concevoir l'idée d'une colonne qui serait tout d'une pièce, et supposé que cette monstrueuse conception soit réalisée, on ne voit pas par quel mécanisme particulier elle pourrait remplir sa destination.

Les os qui forment les rayons des membres sont de dimensions très inégales : ils diminuent de longueur et augmentent de nombre des régions supérieures vers les inférieures. « Il résulte, comme le dit Bichat, de cette double disposition, que le haut des membres est caractérisé par l'étendue des mouvements, et le bas, par la multiplicité, la variété et les bornes étroites de ces mouvements. » En général, ces os sont renflés à leurs extrémités et rétrécis à leur partie moyenne : renflés à leurs extrémités, afin de donner beaucoup d'étendue aux surfaces articulaires, d'offrir de nombreux points d'implantation aux muscles, et de diminuer le parallélisme qui existe entre les puissances musculaires et les leviers qu'elles meuvent; rétrécis à leur partie moyenne qui correspond aux régions où les muscles ont leur plus grand diamètre. Quelques uns, cependant, n'ont pas leurs extrémités sensiblement plus volumineuses que la diaphyse : tels les métacarpiens, les métatarsiens, les deux premières phalanges des solipèdes et des ruminants; mais sur ceux-là il ne se termine

qu'un nombre assez restreint de muscles, et il ne passe que des tendons ou des expansions aponévrotiques.

Ces os sont généralement cylindriques, comme le fémur, le métatarsien principal. Le cylindre qu'ils représentent est quelquefois aplati, comme au métacarpe, courbé suivant sa longueur, comme au radius, ou enfin tordu sur lui-même, comme à l'humérus. Il en est qui sont plus ou moins régulièrement prismatiques, et pour ceux-ci, tels que le tibia, le cubitus, les métatarsiens rudimentaires de certains animaux, le prisme est à trois pans.

Leur intérieur est creusé d'une cavité médullaire, large dans la partie moyenne de l'os, et nulle à ses extrémités. L'avantage de cette disposition est de donner, ainsi que le dit Bichat (1), plus de résistance à l'os ; « car on sait que de deux cylindres égaux par la quantité de matière qui les forme, mais dont l'un sera creux, et par conséquent, à plus grand diamètre que l'autre qui sera plein, le premier résistera plus que le second, parce qu'on le ploiera et on le rompra par là même avec moins de facilité. Des cylindres pleins, égaux en diamètre, aux os longs, eussent empêché, par leur pesanteur, les mouvements des membres ; tandis que d'autres cylindres de même pesanteur, mais sans cavité, eussent offert trop peu de surface pour les insertions musculaires. » Ce canal est circonscrit par une couche épaisse de substance compacte qui va en s'amincissant, de plus en plus, à mesure qu'on s'approche des extrémités. Il était indispensable que l'os, dans le point où il est le plus rétréci, offrît des parois épaisses et solides, cependant c'est encore là qu'il se brise, et l'on ne conçoit guère qu'il puisse en être autrement.

Les os des membres, au lieu d'être placés sur une même ligne, sont, pour la plupart, fléchis les uns sur les autres, et par conséquent dans une situation défavorable à leur rôle de sustentation. Mais la flexion alternative des rayons a pour objet principal : 1° d'amortir les réactions lors de l'appui des extrémités sur le sol dans les différentes allures ; 2° de faciliter l'impulsion que les membres, et notamment les postérieurs, doivent communiquer au tronc. Comme ces derniers la donnent par une détente qui diminue l'obliquité des os, c'est-à-dire qui ouvre les angles de flexion, il est évident que s'ils étaient droits, ils seraient obligés de se fléchir et d'abaisser le corps pour le soulever ensuite en le projetant en avant. Or, dans cette hypothèse, l'étendue de la projection serait nécessairement très limitée, puisqu'une grande partie de la force employée à l'effectuer, se perdrait en ramenant le corps à sa hauteur primitive. D'ailleurs, cette disposition se lie à l'arrangement des masses musculaires et aux rapports de proportions qui existent entre les membres thoraciques et les membres pelviens. Les derniers étant bien plus longs que les premiers, ils devaient forcément se trouver fléchis, sinon la hauteur de la croupe eût de beaucoup dépassé celle du garrot.

Quant au sens alternatif des flexions, il ne saurait être différent. Dès l'instant que les rayons sont fléchis, il faut de toute nécessité qu'ils le soient inversement, car, autrement, l'obliquité s'étendrait au membre en entier, et par conséquent elle serait très considérable.

Des membres antérieurs. — Les membres antérieurs, plus rapprochés du centre

(1) *Anatomie générale*, t. III ; p. 9, édit. 1832.

de gravité que les postérieurs, et non destinés à donner l'impulsion, font essentiellement l'office de colonnes de support. Leurs rayons, à part les deux premiers, ont une direction verticale très bien appropriée à cette destination spéciale. Généralement, ils sont plus courts que les membres abdominaux, et notamment dans les animaux sauteurs, tels que le lapin, le lièvre, la gerboise, le kanguroo.

Leur attache au tronc s'effectue seulement par des parties molles, si ce n'est chez les mammifères pourvus de clavicules. Supérieurement, c'est par les deux trapèzes, le releveur propre de l'épaule et le rhomboïde; un peu plus bas, par l'angulaire de l'omoplate, le grand dentelé, le mastoïdo-huméral, le grand dorsal, les deux pectoraux, le sterno-huméral et le sterno-aponévrotique. Ces muscles, pour la plupart, sans analogues dans le membre postérieur, forment autant de sangles ou de courroies qui unissent l'épaule et le bras au thorax. Quelques uns agissent comme des mains qui tiennent les rayons supérieurs appliqués sur les parois costales : l'un saisit l'épaule par son cartilage de prolongement, l'autre par l'acromion, d'autres encore par la face interne du scapulum. Et en même temps qu'ils fixent le membre, ils le meuvent; le rhomboïde et le trapèze l'élèvent, l'angulaire le tire en avant, le grand dorsal en arrière, etc.

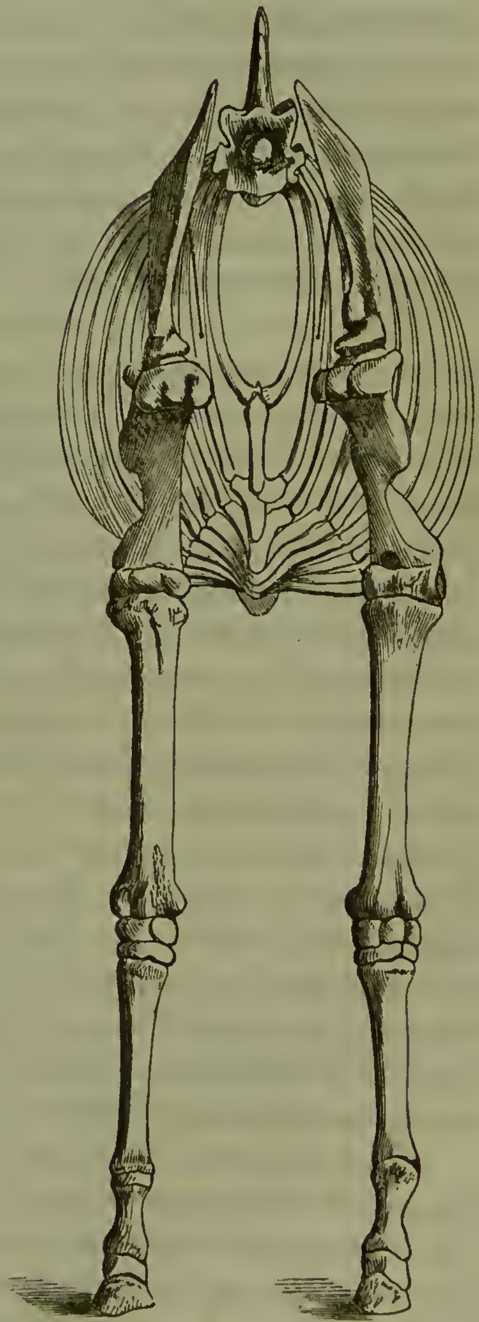


Fig. 20. — *Thorax du cheval suspendu entre les deux membres antérieurs par les grands dentelés.*

Les membres sont rapprochés supérieurement par le bord supérieur des deux scapulums et leurs cartilages de prolongement, et par conséquent ils s'écartent inférieurement (fig. 20), à partir de ce point, jusqu'au niveau de la région sternale, pour devenir alors parallèles et conserver leur parallélisme jusqu'aux pieds. Par suite de cette disposition, le thorax n'est pas retenu mécaniquement entre les deux épaules; il tend, au contraire, à s'affaisser entre elles, mais il est soutenu dans cette situation principalement par les grands dentelés ou costo-sous-scapulaires. On comprend très bien l'action de ces puissances quand on réfléchit à la position relative de leurs insertions. En effet, les attaches costales des dentelés étant à un niveau inférieur à leurs attaches scapulaires, les différentes dentelures de ces muscles figurent une succession de cordes fixées en haut à la face interne du scapulum, et en bas aux côtes sternales. Or, si l'épaule est maintenue par les muscles de manière à ne pouvoir ni descendre ni se porter en arrière, elle donne un point d'insertion immobile aux digitations du

dentelé, à la partie inférieure desquelles agit le poids du tronc. Mais si ces muscles étaient, à eux seuls, chargés de lutter contre cette résistance incessante représentée par le poids des parties antérieures du corps, ils ne suffiraient pas pour remplir cet office, bien qu'ils aient, surtout chez les grands quadrupèdes, un volume considérable. Évidemment, ils ont pour auxiliaires les muscles que nous venons de citer, muscles dont l'ensemble constitue un moyen d'union très souple, parfaitement disposé pour amortir les résistances qui résultent de la percussion des extrémités sur le sol dans les divers mouvements de translation.

Dans les animaux claviculés, les quadrumanes, certains rongeurs, etc., les membres thoraciques sont, en outre, unis au tronc par des clavicules qui empêchent l'angle scapulo-huméral de trop se rapprocher ou de trop s'éloigner du thorax. Ce moyen de fixité, utile aux petits mammifères, n'est pas nécessaire à la solidité de l'union des extrémités thoraciques avec le tronc, puisqu'il ne se retrouve point chez les quadrupèdes de grande taille.

Tel est le membre antérieur dans son ensemble : il faut en considérer successivement les différentes fractions.

La première a pour base dans les mammifères ongulés (pachydermes, solipèdes, ruminants) et dans beaucoup d'onguiculés, un seul os appelé le *scapulum*. Situé en avant et sur les côtés du thorax dans une direction plus ou moins oblique, il est large, aplati, irrégulièrement triangulaire et partagé à sa face externe par une apophyse diversement configurée. Sa longueur, proportionnée jusqu'à un certain point à la hauteur du thorax, est considérable dans nos grands animaux ; elle est relativement moindre chez ceux dont la poitrine a, en avant, peu d'étendue suivant le sens vertical. Sa forme est parfaitement appropriée à sa destination ; son aplatissement lui permet de s'appliquer sur les parois pectorales et de donner une vaste surface d'implantation aux muscles ; ses éminences fournissent de nouvelles insertions musculaires. Son cartilage de prolongement, si développé chez les solipèdes, les ruminants, le porc, etc., vient encore augmenter les surfaces sur lesquelles s'attachent les muscles ; de plus, par sa mollesse et sa flexibilité, il assouplit la jonction de l'épaule avec les parois thoraciques et prévient les froissements qui eussent été à craindre, pour les grands quadrupèdes, entre l'extrémité supérieure du scapulum et les apophyses des premières vertèbres dorsales ; enfin, l'angle inférieur de l'os, creusé d'une cavité glénoïde trop étroite et trop peu profonde pour recevoir complétement la tête de l'humérus, permet à ce dernier d'exécuter facilement des mouvements de flexion, d'extension et d'autres plus limités en divers sens.

Dans les oiseaux, l'épaule se compose toujours de trois pièces : d'un scapulum long, étroit, falciforme et sans acromion, d'une clavicule qui se soude avec celle du côté opposé pour constituer la fourchette, enfin d'un coracoïde, espèce d'arc-boutant fixé, d'une part à l'angle scapulo-huméral, et de l'autre à la partie antérieure du sternum. L'os furculaire, qui résulte de l'union des deux clavicules, présente un écartement d'autant plus considérable entre ses deux branches, et le coracoïde, d'autant plus de force que les oiseaux sont plus aptes au vol. La réunion de ces trois pièces donne à l'épaule la solidité sans laquelle l'aile ne pourrait déployer la puissance qui caractérise son action dans la progression aérienne.

Le *bras*, qui forme le second rayon du membre thoracique, a pour base un seul

os qui est oblique en sens opposé au scapulum. L'*humérus*, articulé en haut avec ce dernier sur lequel il peut se mouvoir dans toutes les directions, en bas avec le radius et le cubitus, est tordu sur lui-même et courbé en S d'avant en arrière. L'éminence connue sous le nom de *trochiter*, qu'il porte à son extrémité supérieure, est séparée du *trochin* par une coulisse, tantôt simple, tantôt double, destinée au passage du coraco-radial : simple dans le porc, les carnassiers et la plupart des ruminants ; double dans les solipèdes, dans le lama, le dromadaire, etc. L'os du bras, proportionnellement plus court chez les grands mammifères que chez ceux de petite taille, a une longueur qui est à celle du scapulum : : 34 : 37 dans le cheval, : : 26 : 40 dans le bœuf, : : 22 : 23 dans le lama, : : 40 : 47 dans le dromadaire, : : 22 : 25 dans le porc, : : 19 : 15 dans le chien, : : 9 : 6 dans le chat. Il a cela de remarquable, qu'il est appliqué contre les parois du thorax chez les grands quadrupèdes, tandis qu'il est presque entièrement libre chez les carnassiers, et en général, chez les animaux dont le membre antérieur peut servir à la préhension des aliments. Il se distingue des rayons inférieurs en ce qu'il est encore fixé au tronc par des muscles : le grand dorsal, le mastoïdo-huméral, les pectoraux, le sterno-huméral et le sterno-aponévrotique.

L'*avant-bras* ou le troisième rayon du membre thoracique se compose, dans tous les mammifères, de deux os plus ou moins distincts dont les dimensions relatives et les rapports sont très variables : l'un principal antérieur, ou le *radius ;* l'autre postérieur externe, ou le *cubitus.* Ces deux os, à peu près égaux en volume et mobiles l'un sur l'autre, chez les animaux onguiculés qui se servent des extrémités antérieures pour saisir leurs aliments ou déchirer leur proie, sont au contraire inégaux et plus ou moins soudés entre eux chez les mammifères dont les membres restent exclusivement préposés au soutien du corps. Mais il y a entre les deux dispositions extrêmes une foule de degrés intermédiaires.

Dans les solipèdes, le cubitus est très petit et entièrement soudé avec le radius, excepté en haut, à partir de l'arcade cubitale ; il se termine inférieurement en une pointe qui ne descend pas jusqu'au niveau du carpe. Dans la plupart des ruminants, le bœuf et le mouton, par exemple, il s'étend dans toute la longueur du radius et va concourir à l'articulation du carpe. Dans l'éléphant, il est même plus volumineux que le radius et non soudé avec lui ; dans le porc, il est aussi très grand, non soudé avec l'os principal de l'avant-bras, et susceptible d'exécuter déjà un léger mouvement sur ce dernier ; enfin, dans les carnassiers, les singes, etc., il s'isole si bien du cubitus, qu'il peut jouer librement sur celui-ci et produire les mouvements rotatoires de la main qu'on appelle *mouvements de pronation et de supination.*

Ainsi, chez les animaux ongulés dont les membres antérieurs ne servent qu'à soutenir le corps, les deux os de l'avant-bras sont immobiles l'un sur l'autre et le plus souvent soudés ensemble ; de plus, le radius prend un très grand volume et devient l'os essentiel du rayon, tandis que le cubitus, souvent atrophié à sa partie inférieure, ne conserve un certain développement qu'à l'olécrâne destiné à l'insertion des extenseurs de l'avant-bras ; là, se trouvent réunies les dispositions qui rendent le membre très apte à supporter le poids du corps, et qui le mettent dans l'impossibilité d'exécuter des mouvements de rotation. Au contraire, chez les animaux onguiculés, les deux os distincts, presque de même volume, mobiles l'un sur l'autre,

permettent les mouvements de pronation et de supination ; ils donnent donc aux membres antérieurs le double rôle d'organes de sustentation et de préhension.

L'os principal de l'avant-bras des solipèdes et des ruminants est légèrement aplati d'avant en arrière et courbé suivant le sens de son grand axe ; ses surfaces articulaires supérieure et inférieure sont allongées transversalement. Sa longueur est à celle de l'humérus : : 39 : 33, et à celle du métacarpe : : 39 : 26 dans le cheval ; elle est à celle de l'humérus : : 31 : 29, et à celle du métacarpe : : 31 : 22 dans l'espèce du bœuf. Cette longueur, qui est plus considérable dans les races élancées et propres à la course que dans les races de trait, paraît en raison inverse de celle du métacarpe. La grande étendue de ce rayon favorise la vitesse des allures, puisque c'est l'avant-bras qui mesure l'espace embrassé par le membre antérieur à chaque pas du trot, du galop, ou de toute autre allure.

Quant au cubitus, son rôle se réduit à fournir des points d'implantation aux muscles, à donner un levier très avantageux aux extenseurs de l'avant-bras, à retenir mécaniquement l'extrémité inférieure de l'humérus pour l'empêcher de se porter en arrière, et par conséquent de se luxer dans ce sens.

Au-dessous de l'avant-bras, entre celui-ci et le métacarpe, se trouvent deux rangées de petits os taillés à facettes qui forment le centre de ce qu'on appelle le genou des grands animaux. Ils sont au nombre de huit, d'après Cuvier, chez l'éléphant, l'hippopotame, le rhinocéros, le tapir, le daman et d'autres ; de sept chez les solipèdes, et de six seulement dans la plupart des ruminants. L'un deux, toujours placé au côté externe de la rangée supérieure, constitue le bras de levier de plusieurs des fléchisseurs du métacarpe. Ils sont unis ensemble, ainsi qu'avec les os de l'avant-bras et du métacarpe, par un grand nombre de ligaments qui donnent à l'articulation du genou une résistance considérable. De plus, leurs facettes et leurs ligaments sont disposés de telle sorte, que dans la flexion, l'écartement se produit, surtout entre l'avant-bras et la rangée supérieure, et entre celle-ci et l'inférieure.

Il est très remarquable que chez tous les mammières, l'avant-bras, au lieu d'être uni directement au métacarpe, en soit séparé par les osselets du *carpe*. Cet intermédiaire n'a pas essentiellement pour but d'augmenter la longueur totale du membre thoracique, ni d'ajouter un rayon à ceux dont se compose cette extrémité : il est destiné à remplir un rôle plus important sur lequel les physiologistes ne semblent pas s'être suffisamment arrêtés. Ce rôle consiste d'abord, comme le fait si judicieusement observer M. Richard (1), à affaiblir les réactions, à amortir la violence des chocs par les six surfaces articulaires incrustées de cartilages élastiques, à disséminer l'effort sur une étendue considérable, et à le décomposer par l'écartement des différentes pièces carpiennes ; il consiste ensuite à exagérer la flexion du genou jusqu'au point de permettre à la région métacarpienne de devenir parallèle à l'avant-bras et de se mettre en contact avec lui lorsque les animaux se couchent. C'est là, en effet, un genre de flexion qu'on n'observe dans aucune autre articulation, pas même à celle du jarret, si ce n'est cependant chez le dromadaire, alors qu'il est couché sur le sternum.

Le *pied*, qui comprend le carpe dont nous venons de parler, le métacarpe et la

(1) *De la conformation du cheval*, p. 241.

région digitée, présente des dispositions extrêmement variées dans les divers groupes d'animaux.

Le *métacarpe*, qui en forme la deuxième région, est constitué par autant d'os qu'il y a de doigts. Tous les onguiculés, à part de très rares exceptions, possèdent cinq métacarpiens avec cinq doigts complets ou rudimentaires, mais les mammifères à sabots en ont rarement un nombre aussi considérable. L'éléphant en a cinq portant des doigts; l'hippopotame, le tapir, le sanglier et le porc, quatre; le rhinocéros, trois; tous les ruminants, au moins deux soudés ensemble; et les solipèdes, un seul.

Chez ces derniers, le métacarpien principal, qui s'articule en haut avec la rangée inférieure des os du carpe, et en bas avec la région digitée, est un os cylindroïde, à peine renflé à ses extrémités, aplati d'avant en arrière. Son canal médullaire, très étroit, a des parois très épaisses dont la substance compacte paraît plus dure que celle des autres os des membres; il a une direction verticale et une longueur qui est à celle de la région des phalanges :: 24 : 17. En arrière de ce métacarpien existent deux os styloïdes, un de chaque côté, renflés en haut pour s'articuler avec le carpe, et terminés inférieurement par une pointe mousse et libre qui ne descend pas jusqu'au niveau de la première phalange. Dans les *hipparions*, espèces fossiles très voisines du cheval, ces métacarpiens rudimentaires portent chacun une région digitée semblable à la principale, mais beaucoup plus petite.

Les ruminants n'ont qu'un seul métacarpien principal pour les deux doigts, mais cet os ne fait pas réellement exception à ce qui existe dans les animaux à doigts multiples, car il est constitué par deux métacarpiens soudés ensemble. Leur séparation, qu'on effectue facilement pendant la vie fœtale, est indiquée à l'âge adulte par un sillon longitudinal de la face antérieure, et par une cloison primitivement composée de deux lames, qui partage en deux la cavité médullaire. Cette division est, du reste, normale chez les *anoplothériums*. Ainsi constitué par deux métacarpiens primitivement distincts, le métacarpien principal des ruminants porte deux doigts complets. A sa face postérieure, il offre des métacarpiens avortés qui, quelquefois, se continuent eux-mêmes par des régions digitées imparfaites. Le bœuf, le mouton et la chèvre n'ont encore qu'un seul de ces métacarpiens rudimentaires placé au côté externe du principal, sans nulle connexion avec les osselets des ergots. Le chevreuil, le renne, le cerf, le chevrotain, ont deux stylets terminés chacun par une région digitée complète.

On pourrait croire que l'une des conditions de la solidité du métacarpe, dans les grands quadrupèdes, est la fusion de ses différentes pièces les unes avec les autres, comme cela s'observe, pour deux d'entre elles, chez les ruminants. Mais le fait de leur séparation dans le rhinocéros, l'hippopotame, l'éléphant, prouve que cette soudure n'est pas indispensable à une grande résistance de la part de ces derniers; seulement il est à remarquer que, chez les pachydermes de taille élevée, ces os sont très courts : une plus grande longueur que celles qu'ils ont, coïncidant avec leur séparation réciproque, eût été sans aucun doute très défavorable à la force de la région métacarpienne. La disposition qui est propre aux solipèdes est très avantageuse au point de vue mécanique : les deux métacarpiens styloïdes, en venant concourir au soutien des osselets du carpe, agrandissent les surfaces articulaires du

genou, supportent une partie du poids qui pèse sur les rayons osseux du membre, et affaiblissent la violence des réactions par le léger écartement qui se produit entre eux et l'os principal.

Enfin, la *région digitée* fait suite au métacarpe et termine l'appendice de sustentation; rien n'est plus variable chez les quadrupèdes que la disposition qu'elle présente.

Elle n'est constituée, dans les solipèdes, que par une seule série osseuse : trois phalanges symétriques et trois sésamoïdes. La première et la seconde ont à peu près la même forme; mais la première est beaucoup plus longue que l'autre. Elles représentent, toutes les deux, des os longs qui ne sont pas très sensiblement renflés à leurs extrémités. La troisième, très large, concave inférieurement, convexe en avant, porte en haut une surface articulaire, allongée transversalement, qui répond à l'extrémité inférieure de la deuxième phalange. Elle se trouve exactement renfermée dans le sabot dont elle est séparée par des parties molles et élastiques.

C'est là la forme la plus simple de la région digitée parmi les mammifères.

Dans les ruminants, il y a deux séries phalangiennes complètes servant à l'appui et faisant suite au métacarpien principal, qui est divisé à son extrémité inférieure. Ces deux doigts insymétriques semblent résulter d'un doigt unique qui serait partagé en deux suivant le sens de sa longueur.

En arrière de ces doigts se trouvent, dans la plupart des espèces du même ordre, des régions digitées plus ou moins parfaites, mais toujours beaucoup plus petites que les premières, dont elles n'atteignent jamais la longueur, de telle sorte qu'elles ne peuvent servir à l'appui que sur un plan très incliné, ou lors d'une extrême flexion du pied.

Chez un certain nombre de pachydermes, le porc, le sanglier, le tapir, il y a quatre doigts dont deux très longs et deux autres latéraux, plus petits et plus courts que les premiers en arrière desquels ils sont placés. Enfin, chez l'éléphant et la généralité des carnassiers, il y a cinq doigts qui servent à l'appui et donnent au pied une souplesse et une élasticité très propres à diminuer la violence des réactions. Mais nous reviendrons plus tard sur ce sujet en examinant le jeu des extrémités dans la progression.

Des membres postérieurs. — Les membres postérieurs sont construits d'après le même plan que les antérieurs; ils ont le même nombre de rayons que ces derniers, et ces rayons sont fléchis en sens inverse les uns sur les autres; de plus, les rayons qui se correspondent dans le premier et le second sont encore fléchis inversement. Ainsi le coxal est oblique de haut en bas et d'avant en arrière; le scapulum qui lui correspond est fléchi de haut en bas, mais d'arrière en avant. Une semblable opposition se remarque entre les autres rayons, excepté pour ceux de la région digitée qui sont inclinés dans le même sens.

Les membres postérieurs diffèrent cependant très sensiblement des antérieurs, surtout sous le rapport de leur longueur, de leur mode d'attache au tronc, et de leur rôle dans la locomotion.

1° Ils sont plus longs que les antérieurs, et à cause de cela ils doivent être, comme le fait observer Barthez, plus ou moins fléchis. La différence qui existe à cet égard est commandée par la différence d'usages : elle est très grande chez les animaux à

allures rapides et les animaux sauteurs. La voici, exprimée par des chiffres, pour quelques unes de nos espèces domestiques.

TABLEAU *des proportions qui existent entre les rayons des membres antérieurs et les rayons correspondants des membres postérieurs.*

ESPÈCES.	RAYONS CORRESPONDANTS.					
	Le scapulum est au coxal	L'humérus est au fémur	Le radius est au tibia	Le carpe est au tarse	Le métacarpe est au métatarse	La région digitée à la région digitée
Cheval. . . .	:: 37 : 45	:: 31 : 39	:: 36 : 36	:: 4 : 7	:: 24 : 28	:: 17 : 18
Ane.	:: 23 : 28	:: 18 : 24	:: 24 : 25	:: 3 : 4	:: 16 : 19	:: 11 : 10
Mulet. . . .	:: 32 : 40	:: 25 : 35	:: 32 : 33	:: 4 : 7	:: 22 : 26	:: 17 : 16
Bœuf	:: 40 : 55	:: 26 : 37	:: 29 : 33	:: 4 : 8	:: 20 : 22	:: 13 : 14
Dromadaire .	:: 47 : 40	:: 40 : 53	:: 53 : 49	:: 6 : 10	:: 36 : 37	:: 17 : 16
Mouton. . .	:: 16 : 21	:: 13 : 18	:: 16 : 21	:: 2 : 4	:: 13 : 14	:: 7 : 7
Chèvre . . .	:: 16 : 22	:: 15 : 19	:: 16 : 21	:: 2 : 3	:: 10 : 10	:: 7 : 7
Porc.	:: 25 : 33	:: 22 : 28	:: 20 : 25	:: 4 : 5	:: 8 : 12	:: 10 : 10
Chien. . . .	:: 15 : 19	:: 19 : 23	:: 19 : 22	:: 1 : 5	:: 8 : 9	:: 7 : 7
Chat	:: 6 : 8	:: 9 : 10	:: 8 : 10	:: 1 : 2	:: 3 : 5	:: 3 : 3
Lapin. . . .	:: 7 : 10	:: 7 : 10	:: 7 : 11	:: $\frac{1}{2}$: 2	:: 2 : 4	:: 3 : 4

Ainsi, en somme, chaque rayon du membre antérieur est plus court que le correspondant du membre postérieur, et le membre antérieur en entier est plus court que le postérieur. Cependant la plupart des animaux ont le garrot plus élevé que la croupe.

2° Les membres thoraciques diffèrent ensuite essentiellement des membres abdominaux par leur mode d'attache au tronc. Les premiers ne sont fixés que par des parties molles ; les seconds sont articulés très solidement avec le rachis. Pour cela, les vertèbres sacrées se soudent ensemble, et le coxal d'un côté se confond avec celui du côté opposé, afin de former, d'après les expressions de Cuvier, la *ceinture osseuse* qui établit une liaison intime entre le tronc et les extrémités postérieures, en même temps qu'elle crée une solidarité toute particulière entre l'une et l'autre de ces deux extrémités.

Enfin ils diffèrent par leur rôle, ainsi que nous l'avons déjà dit. Les postérieurs agissent comme des ressorts, des arcs flexibles qui produisent par leur détente un mouvement d'autant plus considérable qu'ils sont plus longs. Les antérieurs, qui n'ont qu'une faible part à l'impulsion communiquée à la masse du corps, sont surtout destinés à soutenir cette masse, soit lors de la station, soit pendant les mouvements de translation.

Le *coxal* fait, en réalité, plutôt partie du tronc que du membre abdominal. Destiné à former les parois résistantes de la cavité pelvienne, à donner implantation à d'énormes masses musculaires et à servir de levier à plusieurs muscles qui jouent un grand rôle dans la progression, cet os a une configuration extrêmement variée. Il suffit de comparer le bassin allongé, fortement élargi en arrière, et presque parallèle à l'axe de la colonne vertébrale des solipèdes, du lièvre et du lapin, avec le

bassin court, oblique et étroit en arrière des pachydermes, tels que les rhinocéros, les éléphants, pour voir qu'il ne saurait, dans les deux cas, offrir des conditions mécaniques semblables. De même, quand on met en regard le bassin du cerf avec celui du lama, celui du dromadaire avec celui du bœuf, on trouve encore des différences notables parmi des espèces si voisines.

Considéré dans son ensemble, cet os figure une sorte de levier dont le point fixe repose sur la tête du fémur, levier tordu sur lui-même, courbé suivant le sens de sa longueur et d'un côté à l'autre, donnant attache en avant à l'ilio-spinal, aux muscles abdominaux, en arrière aux ischio-tibiaux, en dehors aux fessiers, et en bas aux muscles de la région crurale interne. Sa cavité cotyloïde est constamment dirigée en bas et en dehors.

Dans les carnivores, tels que le chien, le loup, le renard, les chats, le bassin est presque rectiligne et sensiblement aussi large en arrière qu'en avant. La face interne de l'ilion regarde tout à fait en dedans, et l'externe en dehors ; la cavité cotyloïde est sur un plan aussi éloigné que possible de la ligne médiane. Il en est ainsi à peu près chez le porc et les rongeurs.

Chez les solipèdes et les ruminants, le bassin devient moins parallèle au rachis. Il se recourbe suivant le sens de sa longueur, de manière à former un arc à convexité inférieure. L'ilium, très large et plus ou moins excavé, a une face tournée en dehors, en arrière et en haut, puis un angle externe toujours très inférieur à l'interne ; les ischiums sont souvent peu écartés en arrière ; enfin, la cavité cotyloïde est placée sur un plan plus concentrique que les angles externes de l'ilium et de l'ischium. Cette disposition contraste avec celle qui caractérise le bassin des carnassiers et de certains rongeurs.

La longueur du coxal est supérieure à celle du fémur dans le cheval, l'ours, le bœuf, le mouton, la chèvre ; elle lui est inférieure dans le porc, le chien, la panthère, le lion, etc. ; elle lui est égale dans le lapin. Chez le cheval, la longueur du coxal est à celle du fémur :: 53 : 43 ; l'âne :: 27 : 25 ; le bœuf :: 55 : 37 ; la chèvre :: 22 : 19 ; le porc :: 33 : 28 ; le chien :: 19 : 23 ; la panthère :: 29 : 35 ; le lapin :: 10 : 10.

Il importe de noter, sous le rapport dynamique, la situation de la cavité cotyloïde sur la longueur du coxal, car toute la partie de l'os comprise entre cette cavité et l'angle de l'ischion constitue le bras de levier des muscles ischio-tibiaux. Or, cette distance est d'autant plus considérable que les animaux sont plus aptes à la course et au mouvement qu'on appelle le *cabrer :* elle est d'un peu plus du tiers de la longueur totale de l'os chez le cheval, et un peu moins de la moitié chez le lapin et la panthère.

Le premier rayon du membre postérieur qui soit réellement détaché et mobile est celui de la cuisse : il a pour base un os oblique de haut en bas et d'arrière en avant, par conséquent à l'opposé du coxal.

Généralement cylindrique et un peu courbé suivant sa longueur, le *fémur* a une forme assez constante, quoique ses proportions soient fort variables. Sa tête est toujours en dedans de l'axe ; son extrémité inférieure porte en avant une trochlée, et en arrière deux condyles à peu près égaux. Chez les carnassiers, il est très arqué ; son trochanter n'y dépasse souvent pas la tête. Ses condyles ont, en arrière, chez le chien, le chat, deux petits osselets qu'on retrouve chez l'écureuil et même le lapin, où

ils sont au nombre de trois. Dans les solipèdes, le corps du fémur est cylindrique; le trochanter a trois parties distinctes; le trochantin représente une crête rugueuse au côté interne, et la tubérosité externe est très prononcée ; la trochlée y a son rebord interne beaucoup plus élevé que l'autre. Dans les ruminants, les trois parties du trochanter ne constituent qu'une seule masse ; la fosse trochantérienne est oblique; le trochantin est réduit à un petit tubercule au bas de cette dernière, et la trochlée a tantôt ses bords inégaux, tantôt à peu près semblables. Enfin, dans l'éléphant, le rhinocéros, le corps de l'os est aplati d'avant en arrière; le trochanter y est peu saillant, de même que dans l'hippopotame.

Les grands animaux ont le fémur proportionnellement plus court que les petits. Sa longueur est à celle du tibia dans le cheval :: 43 : 40 ; l'âne :: 24 : 25 ; la vache :: 40 : 37; la chèvre :: 19 : 21; le porc :: 28 : 25 ; le chien :: 23 : 22 ; le lapin :: 10 : 11.

La *jambe*, qui constitue le troisième rayon du membre abdominal, a pour base trois os : le tibia, le péroné et la rotule.

Le *tibia*, ou l'os principal, est oblique en sens inverse du fémur : il a la forme d'un prisme à trois pans, plus large supérieurement qu'inférieurement ; sa face interne, toujours nue, donne attache à des aponévroses et se trouve en contact avec la peau.

Le *péroné*, ordinairement en rapport de volume avec le cubitus, est à son maximum de développement chez les carnassiers, les rongeurs, et en général chez les mammifères onguiculés. Il est encore très grand chez l'éléphant, le rhinocéros et les autres pachydermes, mais il est réduit à l'état de stylet dans les solipèdes, où il n'a guère que la moitié de la longueur du tibia. Enfin, il disparaît chez les ruminants, remplacé en haut par un ligament à l'extrémité supérieure duquel se trouve parfois un noyau osseux, et en bas, par un petit os articulé avec le calcanéum et l'astragale.

La *rotule*, qui complète le rayon, est liée au tibia par un ou plusieurs ligaments très solides. De son extrémité interne part une production fibro-cartilagineuse fort étendue chez les ruminants et destinée à agrandir la surface par laquelle elle glisse sur la trochlée fémorale. C'est sur cet os que s'insèrent les extenseurs de la jambe. S'il manque, comme cela se voit souvent chez les oiseaux, ces muscles s'attachent sur un gros tendon qui passe sur la trochlée et se fixe à la crête tibiale, ou bien à un prolongement plus ou moins saillant du tibia, tel qu'il en existe un dans quelques palmipèdes.

Les proportions de la jambe, relativement à celles de la cuisse, varient assez notablement. En général, la différence entre les deux régions n'est pas très grande parmi les mammifères. Le tibia est plus court que le fémur chez le cheval, l'âne, le bœuf, le porc ; mais il est plus long déjà chez la chèvre et le lapin, plus encore chez le kanguroo, la gerboise ; il égale ou trois quatre fois l'étendue de ce dernier chez plusieurs échassiers.

Le *pied postérieur*, qui reste à examiner, ressemble beaucoup à l'antérieur, mais il en diffère principalement par le tarse comparé au carpe, les autres régions ayant à peu près la même disposition.

Le *tarse*, au point de vue dynamique, se distingue essentiellement du carpe auquel il correspond. Au genou, le radius s'articule avec une rangée d'osselets ; au jarret,

le tibia ne se met généralement en contact qu'avec une seule pièce; à la première région, les mouvements sont très étendus, d'une part entre le radius et la rangée supérieure, d'autre part entre celle-ci et l'inférieure; à la seconde, il n'y a, le plus souvent, de mouvements bien sensibles qu'entre le tibia et l'astragale.

Le tarse se compose, dans la plupart des animaux, de six ou sept pièces, dont les plus remarquables sont l'astragale et le calcanéum. L'astragale répond d'abord à toute la surface inférieure du tibia par une trochlée oblique chez les solipèdes, et dirigée suivant l'axe des rayons chez les ruminants, puis au calcanéum et au premier os plat, par deux autres facettes quelquefois converties en petites trochlées. C'est entre sa première poulie et le tibia que s'effectuent à peu près tous les mouvements du tarse, du moins chez les solipèdes. Mais chez les ruminants où les trois trochlées existent, il se produit encore un mouvement fort étendu entre l'astragale et la pièce qui lui est inférieure, ainsi qu'entre la première et le calcanéum. Aussi le dromadaire, où ces trois mouvements sont portés à leur maximum, peut-il amener le métatarse en contact avec la face antérieure de la jambe quand il est couché. Le calcanéum, placé en arrière de l'os dont nous venons de parler, constitue le bras de levier des extenseurs du métatarse ; il est très élevé au-dessus du sol chez les solipèdes, les ruminants, mais il vient servir à l'appui par sa face postérieure chez les carnassiers plantigrades. Quant aux autres osselets, ils sont intimement unis entre eux et avec le métatarse ; leur rôle se rapporte essentiellement à celui des osselets qui forment la rangée inférieure du carpe.

Voici, pour compléter les considérations qui précèdent, une indication métrique des longueurs des rayons osseux qui composent les extrémités.

TABLEAU *des dimensions en longueur* (1) *des divers rayons des membres, dans les mammifères domestiques.*

ESPÈCES.	MEMBRE ANTÉRIEUR.						MEMBRE POSTÉRIEUR.					
	Scapulum.	Humérus.	Radius.	Carpe.	Métacarpe.	Région digitée.	Coxal.	Fémur.	Tibia.	Tarse.	Métatarse.	Région digitée.
Cheval. . .	37	31	36	4 ½	24	17	45	39	36	7	28	18
Ane. . . .	23	18	24	3	16	11	28	24	25	4 ½	19	10
Mulet. . .	32	25	32	4 ½	22	17	40	35	33	7 ½	26	16 ½
Bœuf. . . .	40	26	29	4	20	13	55	37	33	8	22	14
Dromadaire	47	40	53	6 ½	36	17	40	53	49	10	37	16
Mouton . .	16	13	16	2	13	7	21	18	21	4	14	7
Chèvre. . .	16 ½	15	16	2 ½	10	7 ½	22	19	21 ½	3	10 ½	7
Porc. . . .	25 ½	22	20	4	8	10	33	28	25 ½	5	12	10 ½
Chien. . .	15 ½	19	19 ½	1 ½	8	7	19	23	22	5	9	7
Chat. . . .	6 ½	9	8 ½	1	3 ½	3	8	10	10 ½	2 ½	5 ½	3 ½
Lapin . . .	7 ½	7 ½	7 ½	½	2 ½	3	10 ½	10 ½	11	2	4 ½	4 ½

(1) Exprimées en centimètres.

CHAPITRE X.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES ORGANES ACTIFS DE LA LOCOMOTION.

L'appareil osseux, sur lequel nous venons de jeter un coup d'œil, est mis en mouvement par des organes contractiles connus sous le nom de *muscles*.

Les uns, disposés en membranes ou en tuniques autour des viscères, se contractent, indépendamment de la volonté : ce sont les muscles de la vie végétative.

Les autres, disposés en faisceaux ou en expansions plus ou moins étendues, sont groupés autour des os sur lesquels ils s'attachent, et se contractent sous l'influence de la volonté : ce sont les muscles de la vie animale ou de relation, les seuls qui doivent nous occuper ici.

Ils constituent, par leur ensemble, un vaste système dont le volume et le poids l'emportent de beaucoup sur tous les autres systèmes de l'organisme. Les masses, c'est-à-dire les expansions et les faisceaux qu'ils forment, sont plus ou moins isolées par leurs attaches et distinctes par leurs fonctions spéciales : elles ont chacune une configuration particulière subordonnée à une infinité de convenances fonctionnelles, surtout à celles qui tiennent à leurs rapports réciproques. C'est relativement à cette configuration que les muscles ont été divisés en trois groupes : les muscles longs, les larges et les courts.

Les muscles *longs* se trouvent, pour la plupart, groupés autour des os des membres. Quelques uns seulement suivent la direction de certaines parties du rachis, comme l'ilio-spinal et divers muscles de l'encolure. En général, plus renflés à leur milieu qu'à leurs extrémités, ils sont souvent terminés par des tendons et des aponévroses. On les voit se présenter avec des modifications morphologiques très nombreuses : les uns sont fusiformes, c'est-à-dire renflés à leur partie moyenne et amincis à leurs extrémités généralement pourvues de tendons ; ils peuvent être très réguliers comme le fléchisseur superficiel des phalanges, le fléchisseur du métatarse, ou aplatis comme les abducteurs et adducteurs du bras, les fléchisseurs du métacarpe ; les autres sont prismatiques comme le vaste externe, les huméro-olécrâniens interne et externe, le biceps de la cuisse. Il en est de pyramidaux comme le petit pectoral, le releveur propre de l'épaule ; de rubanés tels que l'omo-hyoïdien, le plantaire grêle, etc.

Les muscles *larges* sont plus ou moins minces, comme le splénius, le grand complexus, les muscles abdominaux. Parfois ils sont tout à fait membraniformes, comme le diaphragme et le peaucier. Les uns sont triangulaires, rhomboïdaux, les autres rayonnés, flabelliformes, etc. Ils servent à former des cloisons, à circonscrire des cavités, à lier les membres au tronc.

Les muscles *courts* sont peu nombreux ; ils s'étendent d'un os à un autre très peu éloigné, comme les intertransversaires du cou, des lombes, les sus-costaux, les masséters, le crotaphite, etc.

Tous ces muscles, quelles que soient leurs formes, peuvent être *simples* ou *complexes*.

Les premiers sont ceux dont les fibres sont parallèles dans toute leur étendue, et non entrecoupés, à l'intérieur, par des tendons ou des aponévroses. Il n'existe, dans l'économie, que très peu de muscles tout à fait simples, parce que les tendons qui les terminent se propagent le plus ordinairement sans régularité entre les fibres contractiles.

Les seconds sont beaucoup plus nombreux que les précédents. Ils ont pour caractère de présenter à leur surface des expansions tendineuses ou aponévrotiques sur lesquelles s'implantent des fibres musculaires, et, à leur intérieur, des intersections de même nature destinées au même usage. Ces parties blanches, superficielles ou profondes, donnent beaucoup de force à ces muscles : 1° en faisant l'office de ligaments inextensibles très résistants ; 2° en servant à l'implantation des fibres charnues qui peuvent ainsi se multiplier, dans de très grandes proportions, et affecter des directions très variées. Au crotaphite, au masséter, aux ptérygoïdiens, au coraco-radical, par exemple, elles donnent des surfaces d'insertion plus étendues même que celles des régions osseuses où ces muscles s'attachent. Ils ont cela de particulier que leurs fibres, au lieu d'être parallèles comme celles des muscles simples, forment entre elles des angles plus ou moins aigus. Quelquefois cette disposition est régulière, comme dans les muscles rayonnés, les penniformes, mais le plus souvent elle est, comme dans les grands complexus, l'ilio-spinal, sans aucune régularité.

La texture des muscles influe beaucoup sur leur force et les limites de leur contraction. Les muscles simples, dont les fibres sont parallèles, ont une étendue de contraction très considérable, mais une force moindre que les muscles complexes d'égal volume et de même longueur, parce qu'ils ont des fibres aussi longues et en aussi petite quantité que possible : aussi se trouvent-ils dans les régions où il faut des mouvements très étendus, comme ceux des membres, par exemple. Les autres, au contraire, sous un volume donné, contiennent un nombre de fibres qui est deux, trois, quatre fois aussi grand que dans un muscle simple, et leur énergie devient, par conséquent, double, triple ou quadruple de celle du dernier. La multiplication des fibres dans le muscle complexe rend nécessaire l'agrandissement des surfaces d'implantation. Voilà pourquoi apparaissent à sa superficie et dans son intérieur ces tendons et ces aponévroses d'intersection sans lesquelles la complexité n'est pas possible. Enfin, la direction des forces dans le muscle simple est facile à déterminer, puisqu'elle est parallèle aux fibres même, tandis qu'il n'en est pas ainsi pour les complexes où il faut trouver une résultante. Il importe donc de prendre la texture en grande considération quand on veut apprécier la force d'un muscle et la comparer à celle d'un autre ; sans cela, on s'expose à de graves erreurs.

Les muscles, étant les puissances motrices des différentes pièces du squelette, doivent nécessairement s'attacher, médiatement ou immédiatement, soit sur ces pièces, soit sur leurs cartilages de prolongement. Et, pour que le muscle puisse, par son raccourcissement, produire un effet sensible, il faut que ses deux extrémités prennent des points d'implantation sur des parties résistantes. Ordinairement, l'un de ces points est plus fixe que l'autre : le premier s'appelle l'*origine* du muscle ; le second, son *insertion*.

Les os, pour donner attache aux muscles, offrent à leur surface des rugosités, des empreintes, des lignes droites ou courbes, des crêtes, des tubérosités, enfin des

éminences de toutes les formes ou des excavations plus ou moins profondes. Les parties qui restent lisses ne peuvent servir à l'implantation de fibres charnues ou tendineuses. Par ces empreintes, soit en creux, soit en relief, on peut suivre parfaitement les attaches des masses musculaires; « car le squelette bien étudié sous ce rapport rendrait, pour ainsi dire inutile, d'après Cuvier (1), la dissection des muscles », puisqu'on les retrouverait, sinon tous, du moins en partie, par l'inspection des os.

Ces attaches s'effectuent, tantôt par des fibres charnues, tantôt par des fibres tendineuses, et très souvent au moyen des unes et des autres.

Ces trois modes d'implantation ne sont point arbitrairement départis aux muscles, ils se trouvent commandés, l'un à l'exclusion de l'autre, par l'étendue et la configuration des surfaces osseuses. Ainsi, l'extrémité supérieure de l'humérus qui donne attache aux deux épineux, aux deux abducteurs du bras, à l'adducteur, au grand dorsal, au sous-scapulaire, etc., ne pouvait fournir à tous ces muscles une surface suffisante à l'insertion de toutes leurs fibres charnues; il fallait donc que celles-ci vinssent se fixer d'abord sur des cordes ou des rubans tendineux, qui, à leur tour, s'attacheraient sur le petit espace réservé à chaque muscle. De même, pour l'extrémité inférieure de cet os, pour l'olécrâne, le trochanter, etc. Un autre avantage résulte encore de ce mode d'insertion. Si les muscles avaient, aux environs des articulations, le même volume qu'ailleurs, celles-ci, déjà renflées par les extrémités osseuses, eussent été plus volumineuses que la partie moyenne des rayons, et par suite leurs mouvements eussent beaucoup perdu de leur liberté et les formes de leur élégance.

Le point d'origine ou le point fixe d'un muscle est le plus souvent facile à déterminer. Dans les membres, il est ordinairement supérieur au point mobile, c'est-à-dire placé sur un rayon plus élevé que celui de ce dernier; pour les muscles qui vont du tronc aux membres, il est au tronc; pour ceux qui vont de celui-ci à l'encolure, il est encore à la même région; il est à l'encolure pour ceux qui vont de cette partie à la tête. C'est vers ce point que la partie mobile se porte quand le muscle se contracte.

L'insertion a lieu sur un point plus ou moins éloigné de celui qui est fixe : quelquefois il y a entre les deux une très grande distance. Ainsi, les extenseurs et les fléchisseurs des phalanges partent, dans le membre antérieur de l'humérus ou de l'extrémité supérieure des os de l'avant-bras, et dans le membre postérieur, du fémur ou de l'extrémité supérieure du tibia; les premiers passent donc sur tout le trajet de l'avant-bras, du carpe, du métacarpe et de la région digitée avant d'arriver à leur terminaison. Il est à remarquer, toutefois, que ces insertions, si éloignées qu'elles soient de l'origine du muscle, se font toujours tout près des extrémités articulaires des os. Un tel rapprochement entre l'insertion du muscle et le point d'appui du levier était nécessaire, comme le fait très bien observer Cuvier (2), « pour ne point rendre les membres monstrueusement gros dans l'état de flexion, mais surtout pour pouvoir produire une flexion prompte et complète; car la fibre

(1) *Anatomie comparée*, t. I, p. 260.
(2) *Idem*, t. I, p. 153.

musculaire ne pouvant perdre qu'une fraction déterminée de sa longueur dans la contraction, si le muscle était inséré loin de l'articulation, l'os mobile ne se serait rapproché de l'autre que d'une petite quantité angulaire ; au lieu qu'en s'insérant très près du sommet de l'angle, un petit raccourcissement produit un rapprochement considérable. » Les exceptions à cette règle sont rares : la plus remarquable qu'on puisse citer est celle d'un muscle de l'aile des oiseaux qui s'étend du scapulum vers l'extrémité du membre dans l'espace triangulaire rempli par la peau.

Il est essentiel de se rappeler que, quand on parle du point fixe et du point mobile du muscle, on n'entend pas que le premier est immobile et que le second seul se meut ; car, le plus souvent, ces deux points sont mobiles, très irrégulièrement, il est vrai, l'un exécutant un mouvement de beaucoup supérieur à l'autre. Il est cependant des muscles dont l'origine est tout à fait fixe, comme le masséter, le digastrique, le releveur de la lèvre inférieure, le fascia lata, le psoas iliaque, etc. Du reste, il en existe un assez grand nombre dont le point fixe devient quelquefois le point mobile, et réciproquement : ainsi, les ischio-tibiaux, dans la ruade, ont leur point fixe supérieur ; ils l'ont, au contraire, inférieur dans le cabrer. Et de même pour beaucoup d'autres.

Les puissances musculaires, bien qu'elles aient chacune un rôle spécial, sont groupées, les unes auprès des autres, très diversement suivant les régions. Leur action se trouve plus ou moins modifiée, et quelquefois tout à fait changée par suite de cet arrangement. L'appréciation exacte des nombreuses combinaisons d'actions musculaires destinées à produire un effet quelconque, comme l'élévation d'un muscle lors de la marche, est un travail d'analyse qui mérite d'attirer l'attention des physiologistes.

Presque partout, les muscles se trouvent par couches juxtaposées, les plus volumineux dans les superficielles, et les plus petits au-dessous des autres. Les masses les plus considérables se voient au cou, autour des rayons supérieurs des membres, de la croupe, de la cuisse, etc. Dans certaines régions, telles que la jambe, l'avant-bras, ils manquent à la face interne des rayons osseux. Autour des rayons inférieurs, surtout chez les animaux ongulés, tels que les solipèdes et les ruminants, il n'y a plus que des tendons ou des expansions aponévrotiques. Les muscles qui vont agir sur des points très éloignés de leur naissance, en passant sur des articulations, offrent une disposition toute particulière ; ils sont fixés par des brides, des ligaments annulaires, etc., aux os et aux articulations autour desquelles ils passent, de telle sorte que, lors de leur contraction, ils ne s'éloignent nullement des rayons osseux. On conçoit, en effet, que si, par exemple, le fémoro-préphalangien n'eût pas été maintenu en avant du tarse et de la région digitée, il aurait, en se contractant, abandonné ses rapports, et serait venu former une corde qui eût rendu le membre triangulaire lors de l'extension des phalanges.

Les parties fibreuses, c'est-à-dire les expansions aponévrotiques et les tendons chargés de transmettre à des os plus ou moins éloignés la puissance développée par les muscles, sont annexés à ces derniers d'après un mode assez varié.

Les aponévroses qui forment des enveloppes membraneuses minces, très résistantes et à peine extensibles, entourent tantôt un seul, tantôt plusieurs muscles : dans le premier cas, ce sont les aponévroses propres ; dans le second, les aponé-

vroses communes. Les aponévroses propres servent quelquefois à l'implantation des fibres musculaires et deviennent alors très adhérentes à celles-ci, comme au crotaphite, au masséter, à l'ilio-spinal. Dans d'autres cas, elles ne constituent qu'une simple gaîne à l'intérieur de laquelle le muscle est libre. Les aponévroses communes maintiennent les muscles dans leur situation respective, s'attachent aux os, au pourtour des articulations, aux tendons et aux muscles eux-mêmes; elles sont habituellement formées par les muscles superficiels : au membre antérieur celle qui dérive du sterno-aponévrotique, du long extenseur de l'avant-bras, et, au membre postérieur, celle qui provient du *fascia lata*, des ischio-tibiaux, des adducteurs de la jambe, nous en donnent des exemples. Ces expansions rendent le déplacement des muscles impossible et favorisent l'action musculaire en remplissant le rôle de véritables ceintures qui donnent un point d'appui aux masses qu'elles entourent. Habituellement constituées par du tissu fibreux blanc, elles sont cependant quelquefois formées de tissu élastique, comme on le voit à la face interne du rhomboïde du cheval, à la face externe des trapèzes, sur les muscles long vaste et demi-tendineux du chameau, des solipèdes, etc. Ces dernières, qui s'ossifient, parfois accidentellement, dans certains points, paraissent, chez quelques animaux, éprouver à l'état normal la même transformation : c'est ainsi, d'après Cuvier, « que l'aponévrose générale des muscles fessiers s'ossifie dans les chevrotains et présente un vaste bouclier qui s'étend de l'épine de l'iléon jusqu'à la tubérosité ischiatique. »

Enfin, il y a des aponévroses d'insertion, soit pour l'origine, soit pour la terminaison des muscles, comme pour les trapèzes, le grand dorsal, les adducteurs de la jambe, le *fascia lata*. Elles ont la même destination que les tendons.

Ceux-ci revêtent la forme de cordes cylindriques ou aplaties, quelquefois celle de bandelettes ou de rubans. La plupart se trouvent à l'extrémité des muscles, soit à leur naissance, soit à leur terminaison et souvent à ces deux points à la fois. Il est certains de ces tendons qui se prolongent dans tout le trajet d'un muscle, soit à l'extérieur comme au fléchisseur du métatarse, soit à l'intérieur comme pour le coraco-radial. La plupart se perdent en énervations à la surface ou dans l'épaisseur des muscles : c'est ce qui se voit généralement; très peu s'arrêtent brusquement sans se continuer sur la longueur des parties charnues, excepté au plantaire grêle. Enfin, quelques uns séparent les deux parties d'un muscle, comme au digastrique de certains animaux, aux sterno-hyoïdiens, etc.

L'annexion des tendons aux puissances musculaires est une des plus belles conceptions qui aient été réalisées dans la confection de l'appareil locomoteur.

Un muscle n'avait, pour son insertion, qu'une place très restreinte à la surface d'un os. Avec ses fibres charnues à ses extrémités, cette place n'eût pas été assez grande : par un tendon, elle lui suffit, et sur ce dernier viennent ensuite se fixer les fibres musculaires.

Un autre devait aller agir sur des points très éloignés de sa naissance, comme du fémur aux phalanges, pour les extenseurs et les fléchisseurs des doigts, il a une partie charnue dont la longueur est proportionnée à l'étendue du raccourcissement nécessaire à l'accomplissement de son action, et à cette partie succède une corde plus ou moins grêle fixée sur les rayons osseux jusqu'au point où elle se termine. Sans cet artifice il eût fallu, ou que les muscles moteurs des phalanges prissent leur origine

moins loin du pied, ou qu'ils s'étendissent de leur naissance à leur insertion par une portion charnue ; or, cette masse musculaire, à supposer qu'elle eût conservé le même volume dans toute son étendue, n'eût pas offert, à beaucoup près, autant de résistance que le tendon, et par conséquent elle eût été bien plus exposée aux ruptures ; il eût alors été très difficile de la maintenir par des brides au niveau des articulations dont elle eût augmenté disgracieusement le volume ; en outre, elle n'eût pu trouver une place suffisante à son insertion sur les os amincis des extrémités ; du reste, on s'effraie, dans cette hypothèse, en songeant aux proportions et au peu de solidité qu'eussent acquis les extrémités des grands animaux.

La disposition et les propriétés de ces parties sont mises en parfaite harmonie avec leur destination.

En effet, les tendons se trouvent surtout à l'extrémité inférieure des muscles des membres, notamment au niveau du carpe, du métacarpe et de la région digitée ; ce qui donne à ces rayons, ainsi que l'a fait remarquer Bichat, peu de volume, une grande facilité de mouvements et beaucoup de résistance aux pressions extérieures. A leur passage sur des parties osseuses, ils sont entourés de manière à glisser librement ; ils traversent des gaînes fibreuses, des arcades, comme en avant et en arrière du genou, du jarret où leur glissement est, en outre, facilité par des membranes synoviales. Lorsqu'ils passent sur des poulies de renvoi, telles que les sésamoïdes, l'extrémité supérieure de la seconde phalange, le sommet du calcanéum, la convexité du trochanter, la coulisse bicipitale de l'humérus, la trochlée des ptérygoïdiens, etc., les surfaces de frottement sont incrustées d'un cartilage lisse, tapissé d'une synoviale. Les tendons eux-mêmes, s'ils glissent les uns sur les autres, sont encore quelquefois séparés par des gaînes séreuses, comme on le voit entre les tendons fléchisseurs du pied des solipèdes et des ruminants.

Quant à leurs propriétés, elles sont fort remarquables. Les tendons ont une force de résistance, une ténacité supérieures à celles des autres tissus mous. Les muscles, en se contractant, déploient une puissance considérable qui détermine parfois la fracture des os ou celle de leurs éminences, telles que le trochanter, l'olécrâne, et qui est cependant insuffisante pour produire la rupture des tendons eux-mêmes. Néanmoins cette rupture peut avoir lieu dans quelques rares circonstances. Une telle ténacité était indispensable pour que la force énorme des muscles en contraction pût lutter avec avantage contre les résistances qui doivent être variées dans une infinité de circonstances.

Ils ont si peu d'extensibilité et d'élasticité, qu'on les regarde habituellement comme inextensibles et non élastiques. On conçoit que, sans cela, une partie de la force déployée par le muscle se fût perdue à produire leur élongation, et que de plus, une certaine étendue de raccourcissement eût été sans résultat effectif pour les mouvements. Ils sont à peu près insensibles, ainsi que les travaux de Haller l'ont démontré, et ne deviennent douloureux que sous l'influence de torsions brusques ou par suite de l'inflammation : cette autre propriété leur étant non moins nécessaire que les précédentes, car si ces organes eussent été sensibles, ils eussent souffert fort souvent des violences extérieures auxquelles sont exposées les régions inférieures des membres ; ils eussent, du reste, donné lieu à des sensations pénibles à chaque contraction musculaire, et leur souffrance serait ainsi devenue presque

permanente. On voit par là, pour le dire en passant, une preuve de cette admirable logique qui a présidé à la répartition des propriétés à chaque tissu, et l'on devine aisément que ce défaut de sensibilité est aussi indispensable aux os, aux cartilages, aux ligaments, à la corne, qu'aux parties dont nous parlons.

Les tendons ne présentent pas, dans tous les animaux, le même aspect et les mêmes caractères. Ils ont, par suite de leur affinité pour les sels calcaires, une grande tendance à devenir le siége d'ossifications. « Les oiseaux pesants et qui marchent beaucoup, dit Cuvier (1), ont les tendons de leurs jambes ossifiés de très bonne heure. Il en est de même des gerboises et des autres quadrupèdes qui sautent toujours sur les jambes de derrière.

Ces ossifications, normales chez les oiseaux, sont fort remarquables; elles se rencontrent non seulement aux rayons inférieurs des membres, mais encore au tronc, à la terminaison de l'ilio-spinal, au sacrum, au bassin, chez les canards notamment. Sur les dindons adultes, par exemple, on les voit dans toute la longueur du tarse et au niveau des phalanges, c'est-à-dire dans les points ou les tendons ne sont plus entourés de fibres musculaires, puis sur le trajet du tibia, alors que ces tendons sont encore en rapport avec les parties charnues des muscles. Les huit tendons des fléchisseurs et les trois des extenseurs sont ossifiés, mais ils conservent leur état fibreux, et conséquemment leur flexibilité autour de l'articulation tibio-tarsienne, de l'articulation tarso-phalangienne et des premières phalanges; l'ossification ne réapparaît que près de la phalange onguéale où elle vient former de véritables sésamoïdes. Partout ces tendons, ainsi solidifiés, sont flexibles, élastiques, peu cassants et, jusqu'à un certain point, analogues sous le rapport des propriétés aux fanons de la baleine; ils diffèrent donc essentiellement des tendons ossifiés par accident chez les mammifères: ces derniers ne le sont jamais que par places très circonscrites, comme on le voit quelquefois à la terminaison du moyen fessier, au fléchisseur profond des phalanges en arrière du tarse, du carpe ou de la région digitée.

Ainsi constitués, les muscles sont aptes à développer les forces motrices et à les transmettre aux os sur lesquels ils s'insèrent. L'intensité et l'étendue de leur action dépendent de leur volume, de leur longueur, de leur direction, de l'espèce de levier qu'ils mettent en jeu, ainsi que de la distance qui existe entre le point d'application de la puissance et le centre des mouvements.

La direction des muscles, relativement aux leviers qu'ils doivent mouvoir, est, en général, très désavantageuse, puisqu'elle est presque toujours parallèle à celle des leviers osseux. Mais la nature a cherché à diminuer ce parallélisme : 1° par le renflement des extrémités articulaires; 2° par le développement d'éminences plus ou moins saillantes, telles que l'olécrâne, le trochanter ; 3° par la présence de sésamoïdes ou de poulies de renvoi, la rotule, les sésamoïdes de la région digitée, l'os sus-carpien, la trochlée du ptérygoïde. Ce parallélisme, très marqué aux membres, diminue, du reste, lors des mouvements de flexion, et d'autant plus que ceux-ci sont plus près de leur limite. Certains muscles ont cependant une insertion presque perpendiculaire à leurs leviers; les fléchisseurs de la tête, les ischio-tibiaux, le psoas des lombes, le psoas iliaque, les abducteurs et adducteurs du bras, à cause même

(1) *Anatomie comparée*, t. I, p. 146.

de la direction de la tête relativement à l'encolure, de la flexion de la cuisse sur le bassin et du bras sur l'épaule.

Les leviers sur lesquels agissent les puissances musculaires appartiennent aux trois genres établis par les physiciens. Ces leviers sont droits ou incurvés; ils sont formés le plus souvent par un seul os, quelquefois par plusieurs; dans ce dernier cas ils sont sinueux, brisés et souvent flexibles, toutes modifications qu'il importe plus d'étudier en mécanique animale que dans la dynamique des corps bruts.

Il est quelques espèces de leviers plus communs que d'autres. Le levier du premier genre est, en général, le levier de l'extension; celui du troisième, le levier de la flexion. Le levier du second genre est assez rare.

Fig. 21.



Dans presque tous, le bras de la puissance est fort court, et celui de la résistance très étendu, d'où il résulte : 1° que la puissance est dans des conditions très désavantageuses au profit de la vitesse qui est favorisée; 2° qu'il faut une grande force pour vaincre une faible résistance; 3° enfin, une contraction d'une étendue minime pour produire un mouvement très considérable.

En dynamique animale, le levier est l'os sur lequel le muscle s'insère; le point d'appui se trouve à une extrémité ou à une articulation qui devient le centre du mouvement, le point autour duquel l'extrémité opposée du rayon représentant la résistance décrit un arc de cercle, et la puissance est à l'insertion du muscle; ainsi point d'appui et centre de mouvement sont donc ici des expressions équivalentes. Quelquefois le levier, au lieu d'être d'une seule pièce, est constitué par une série d'os, tantôt soudés ensemble, tantôt mobiles les uns sur les autres. Dans ce dernier cas, la complication n'est qu'apparente; il devient facile, par un examen attentif, de ramener le levier brisé et flexible aux lois du levier simple.

Un mot de chacune des variétés de leviers en particulier.

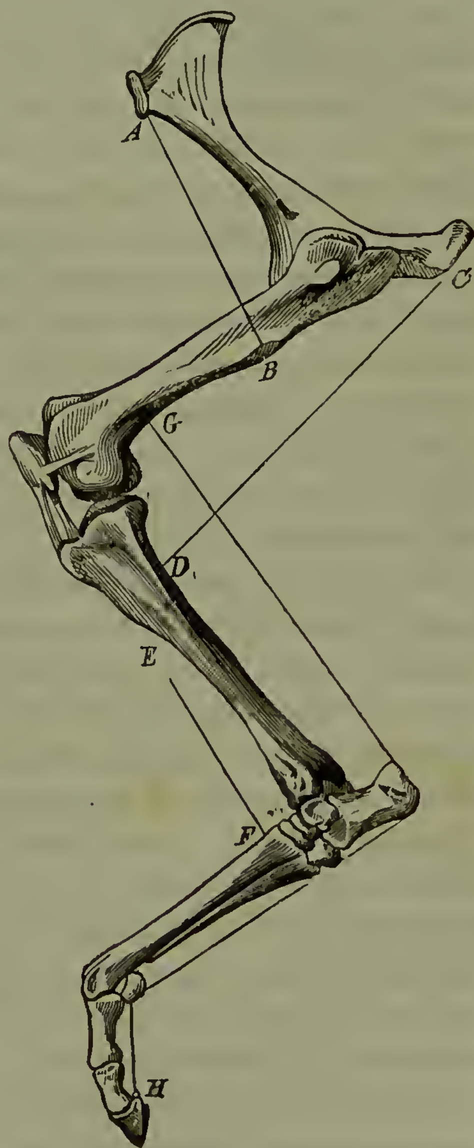
Le levier du premier genre est presque toujours, à part quelques exceptions, le levier des extenseurs. Dans le membre antérieur, le sus-épineux, les cinq muscles olécrâniens (fig. 21); dans le membre postérieur, le grand fessier, le *fascia lata*, le droit antérieur de la cuisse, le triceps crural, le bifémoro-calcanéen, le plantaire grêle, le vaste externe, le demi-tendineux dans le cabrer, les fibres du crotaphite qui s'insèrent au sommet de l'apophyse coronoïde chez les animaux qui ont cette éminence très longue, etc., nous en donnent des exemples.

Le bras de la puissance est dans ce levier quelquefois assez considérable. Ainsi, pour les extenseurs de l'avant-bras, il est représenté par la distance qui existe entre le sommet de l'olécrâne et le milieu de l'articulation huméro-radiale, centre du

mouvement ou point fixe du levier constitué par la réunion du radius et du cubitus; pour le bifémoro-calcanéen et le plantaire grêle, il est mesuré par la distance qui se trouve entre le sommet du calcanéum et le centre de l'articulation tibio-astragalienne; pour les ischio-tibiaux, par celle qui sépare le milieu de la cavité cotyloïde de la partie la plus postérieure de l'ischion. Le bras de la résistance est constamment de beaucoup plus long que le premier : il est, par exemple, pour les muscles olécrâniens, représenté par toute la longueur du radius; pour les muscles rotuliens, par celle du tibia, etc.

Ce levier a ceci de remarquable, que la direction du muscle qui le meut est d'autant plus perpendiculaire que le rayon à étendre se trouve préalablement plus fléchi, de telle sorte que la puissance est plus favorisée au commencement qu'à la fin de son action. Ce sera, en partie, le contraire pour le levier du troisième genre.

Fig. 22.



Le levier du troisième genre est, disions-nous tout à l'heure, le levier des muscles fléchisseurs : on en trouve de nombreux exemples. Les fléchisseurs de la tête, le sterno-maxillaire, le digastrique, le masséter, le ptérygoïdien interne, l'angulaire de l'omoplate, le grand dorsal, les abducteurs, l'adducteur du bras, le coraco-radial, l'huméro-radial, le fléchisseur interne du métacarpe, agissent évidemment sur cette espèce de levier. Il en est de même du moyen fessier AB (fig. 22), du long vaste CD dans les circonstances ordinaires, du tibio-prémétatarsien EF, des psoas des lombes et iliaque, du grêle antérieur, du carré crural, des dentelés de la respiration, des intercostaux.

La puissance qui meut ces leviers a un bras qui est très long pour le digastrique, par exemple, pour le masséter externe, les fléchisseurs de la tête, mais beaucoup moins étendu pour les fléchisseurs de l'avant-bras, ceux du métacarpe. Elle est d'autant plus favorisée que le mouvement arrive plus près de sa limite, puisqu'alors l'insertion du muscle est presque perpendiculaire au rayon osseux, comme on peut le voir dans la figure précédente, pour le tibio-prémétatarsien, le long vaste, le moyen fessier.

Ce levier a le grand avantage de permettre des mouvements fort étendus, par suite d'un raccourcissement très peu considérable du muscle. Il suffit, en effet, que le fléchisseur du métacarpe se contracte d'une minime fraction de sa longueur, pour que le pied s'élève à une grande hauteur au-dessus du sol; de même, il suffit d'un

faible raccourcissement des ischio-tibiaux pour que l'extrémité inférieure du membre abdominal soit projetée très loin en arrière, ainsi qu'on le voit lors de la ruade. C'est donc bien là le levier de la vitesse.

Il ne faudrait pas croire que tous les fléchisseurs agissent sur des leviers du troisième genre; quelques uns d'entre eux exercent leur action sur un levier du premier genre, tel le fléchisseur oblique du métacarpe. De même, quelques extenseurs, comme celui du métacarpe, au lieu d'agir sur un levier du premier genre, en mettent en jeu un du troisième; mais ces quelques exceptions n'infirment point la règle précédemment rappelée.

Le levier du deuxième genre est un peu plus rare que les autres, parce que, dit-on, il favorise la force au détriment de la vitesse. L'exemple classique de ce dernier, et c'est à peu près le seul qu'on cite, est celui du bifémoro-calcanéen agissant sur le calcanéum et le pied tout entier lors de l'appui sur le sol. Dans ce cas, en effet, le levier est formé par le tarse, le métatarse et la région digitée, le point d'appui est au sol, la résistance à vaincre est le poids du corps agissant sur l'articulation tibio-astragalienne, et la puissance, constituée par l'extenseur du métatarse, agit sur le sommet du calcanéum. La puissance a donc pour bras de levier toute la distance qui sépare la pointe du jarret de la face inférieure du pied; elle est, par conséquent, extrêmement favorisée.

Lorsque le membre antérieur pose sur le sol, les extenseurs de l'avant-bras agissent également sur un levier du deuxième genre et non pas sur un du premier, comme lorsque le membre était en l'air. Alors le point d'appui est au sol, la puissance au sommet de l'olécrâne, et la résistance représentée par le poids du corps se trouve à l'articulation huméro-radiale qui tend à se fléchir. Ce qui arrive ici pour les extenseurs de l'avant-bras, se reproduit pour le sus-épineux, les muscles rotuliens, etc., toutes les fois que le membre repose sur le sol.

En mécanique animale, les leviers offrent quelques particularités fort remarquables qu'il importe de signaler avec précision pour éclairer certains points qui peuvent donner matière à contestation.

Premièrement, il y a des leviers qui sont d'un genre à une période de l'action d'un muscle, et d'un autre genre à une période différente de la même action. Ainsi, par exemple, lorsque le cheval *s'encapuchonne*, c'est-à-dire lorsqu'il a la tête fortement fléchie sur l'encolure, les grands complexus, pour la relever, agissent sur un levier du troisième genre, dont le point d'appui est à l'articulation occipito-atloïdienne, la puissance en avant de celle-ci, à la protubérance occipitale, et la résistance dans tout le reste des parties antérieures de la tête; mais, à mesure que celle-ci s'élève et bascule sur l'atlas, l'occiput se renverse en arrière, de telle sorte qu'au moment où l'animal *porte au vent*, le levier devient du premier genre, puisque le point d'appui est intermédiaire à la puissance et à la résistance. C'est là ce qu'on pourrait appeler le *levier successif*.

Deuxièmement, il est aussi des leviers qui sont d'un genre déterminé dans certaines circonstances, et d'un autre genre dans des circonstances différentes, bien qu'ils soient toujours mis en jeu par les mêmes muscles, tels le levier de l'avant-bras pour les muscles olécrâniens et celui du métatarse pour le bifémoro-calcanéen. En effet, lorsque le membre se trouve plus ou moins fléchi et élevé au-dessus du sol, les

extenseurs de l'avant-bras agissent sur un levier du premier genre dont la puissance est au sommet de l'olécrâne, le point d'appui à l'articulation huméro-radiale, et la résistance dans la masse de l'avant-bras à ramener à sa direction verticale. Mais lorsque le membre est à l'appui et que ces muscles extenseurs se contractent seulement pour la station, c'est-à-dire dans le but d'empêcher le radius de se fléchir, ils exercent leur action sur un levier du deuxième genre : ici, la résistance à vaincre est le poids du corps qui est transmis à l'articulation huméro-radiale, l'appui est au sol et la puissance toujours au sommet du cubitus ; il y a donc eu transposition de la résistance qui est venue occuper la place du point d'appui lorsque le levier était du premier genre. J'appellerai cette seconde variété le *levier alternatif*, pour que celui-ci ne soit pas confondu avec le précédent dont il diffère : 1° en ce que le déplacement du point d'appui est absolu au lieu d'être relatif ; 2° en ce que le passage du levier d'un genre à un autre tient à des conditions autres que les différentes périodes de l'action des muscles.

Cette remarquable particularité d'un levier de changer de nature suivant les circonstances dans lesquelles les puissances musculaires le mettent en jeu, se lie à des exigences dynamiques et entraîne des avantages faciles à reconnaître. Lorsque, par exemple, les extenseurs de l'avant-bras se contractent pour ramener le rayon radio-cubital dans sa direction habituelle, ils meuvent un levier du premier genre et luttent seulement contre la résistance représentée par le poids de la partie inférieure du membre soulevé ; le bras de la résistance étant alors très long, la vitesse est très favorisée, tandis que la puissance ne l'est guère ; mais, dans ce cas, la rapidité du mouvement importe plus que la grande intensité d'une force déjà infiniment supérieure à ce qu'elle a besoin d'être pour vaincre la minime résistance qui lui est opposée. Au contraire, quand les mêmes muscles se contractent dans la station pour empêcher l'avant-bras de se fléchir, le levier devient du deuxième genre : la résistance se trouve plus considérable, puisqu'elle est représentée par la part du poids du corps que l'un des membres antérieurs doit supporter ; cette résistance agit sur l'articulation, précisément au point d'appui du levier précédent, et le point d'appui lui-même se trouve au sol. Or, pour lutter contre cette nouvelle résistance, il fallait que la puissance des extenseurs fût favorisée, et elle l'est par un bras de levier qui s'étend du sommet de l'olécrâne à l'extrémité inférieure du pied : il est vrai que le bras de la résistance a pris des dimensions à peu près égales à celles du premier, mais, enfin, le bras de la puissance est ici supérieur à l'autre, au lieu d'en être le quart, le cinquième, le dixième, etc., comme dans la plupart des circonstances. Voilà donc pourquoi, lors de la station, le levier du deuxième genre, ou de la puissance, s'est substitué au levier du premier genre à bras inégaux, si favorable à la vitesse des mouvements.

Ce qui arrive ici pour les extenseurs de l'avant-bras, se reproduit pour l'extenseur du métatarse, pour les muscles rotuliens, etc.

Troisièmement, enfin, il y a dans l'économie des leviers qui sont d'un genre pour une partie d'un muscle, et d'un genre différent pour une autre partie du même muscle, et cela indépendamment des circonstances dans lesquelles le muscle se contracte et des périodes de son action : ce sont les *leviers composés* dont le crotaphite et le fléchisseur du métacarpe nous donnent des exemples. Le crotaphite

agit sur un levier du premier genre par les fibres insérées au sommet de l'apophyse coronoïde et sur un levier du troisième par celles qui se terminent en avant et en bas de cette éminence. Le fléchisseur externe du métacarpe des solipèdes agit sur un levier du premier genre par sa branche sus-carpienne et sur un levier du troisième par sa branche métacarpienne. Il ne saurait y avoir la moindre contestation à cet égard.

Quant aux assimilations que l'on pourrait faire des trois régions du rachis et de quelques parties des membres aux différents genres de leviers, je les passe sous silence, me réservant d'y revenir plus tard d'une manière spéciale : il faut se garder de tomber dans les exagérations et de faire de la mécanique inintelligible sous prétexte de la rendre savante. Ce qui vient d'être dit du levier en général suffit pour en donner une idée précise. Arrivons à l'étude de l'action musculaire.

CHAPITRE XI.

DE L'ACTION MUSCULAIRE.

Les muscles dont nous venons d'examiner la disposition générale, au point de vue dynamique, sont les organes qui mettent en mouvement la machine animale, soit en totalité, soit dans ses diverses parties ; il s'agit de déterminer, ici, l'action par laquelle le muscle arrive à ce résultat, c'est-à-dire les phénomènes, les conditions, les causes et la nature de la contraction musculaire.

Chaque muscle est constitué par un assemblage de fibres très grêles, microscopiques, parallèles les unes aux autres, réunies en petits fascicules qui, groupés à leur tour, forment des faisceaux et, enfin, les masses les plus volumineuses. Ces fibres, prises isolément, sont alternativement renflées et rétrécies d'une manière très régulière, ce qui a fait croire à quelques observateurs qu'elles étaient constituées par une série de globules unis entre eux par un médium transparent. Les faisceaux primitifs qui résultent de leur agrégation sont toujours striés transversalement. Ce sont ces stries qui caractérisent les muscles de la vie animale et les différencient de ceux de la vie organique dont les fibres sont cylindriques et les faisceaux primitifs sans stries transversales. Ces fibres reçoivent des vaisseaux et des nerfs qui affectent, relativement à elles, un arrangement sur lequel tous les observateurs ne sont pas d'accord : MM. Prévost et Dumas disent que les nerfs aboutissent transversalement sur les angles de la fibre regardée par eux comme sinueuse ; Dugès et Wagner regardent la distribution des filets nerveux dans les faisceaux musculaires comme très irrégulière.

Ainsi constitués, les muscles jouissent de plusieurs propriétés.

Bien que leur tissu renferme beaucoup de nerfs pourvus de filets sensitifs, ils sont presque insensibles : on les irrite par des caustiques, par des instruments tranchants ; on les coupe en travers et dans tous les sens sans provoquer des douleurs bien vives, si ce n'est lorsqu'on divise un tronc ou de gros cordons nerveux ; cependant ils deviennent, par suite de contractions souvent répétées, le siége du

sentiment pénible qu'on appelle la *lassitude*. Les muscles de la vie organique, ceux du cœur, de l'estomac, des intestins, de l'utérus, sont encore moins sensibles ; il semble que les divisions nerveuses perdent leur impressionnabilité en s'associant intimement au tissu musculaire.

Ils sont extensibles, et leur extensibilité est mise en jeu par la contraction de leurs antagonistes ; elle devient manifeste dans les muscles olécrâniens, par exemple, lors de la flexion de l'avant-bras sur l'humérus, dans les muscles rotuliens lors de l'action des ischio-tibiaux, dans le grand dorsal lors de la projection du membre thoracique en avant, etc. Et il faut bien remarquer, comme le dit Bichat, que l'extension est étrangère aux tendons et aux aponévroses, puisque ces annexes sont formées d'un tissu peu susceptible d'élongation, et que, d'ailleurs, celle-ci s'effectue dans les muscles privés de tendons, de même que dans tous les autres.

Ils possèdent une contractilité de tissu indépendante de celle qui donne lieu aux mouvements. Cette contractilité lente, faible, a des limites très restreintes : on la voit s'exercer lorsqu'un muscle, sur l'animal vivant, est coupé en travers ; les deux extrémités, en se rapprochant chacune de leur insertion, laissent entre elles un écartement plus ou moins considérable suivant la longueur des muscles et la situation dans laquelle se trouvent les parties ; elle se conserve dans les muscles paralysés et sur le cadavre qui n'est point encore refroidi.

Enfin, les muscles jouissent de la faculté de se raccourcir sous l'influence d'une excitation quelconque. Cette remarquable propriété que Haller regardait comme inhérente au muscle, et qu'il appelait l'*irritabilité*, est devenue depuis célèbre en physiologie sous le nom d'*irritabilité hallérienne*. Aujourd'hui on l'appelle indifféremment *irritabilité* ou *contractilité musculaire*. C'est d'elle que dépendent toutes les particularités de l'action qu'il nous reste à analyser.

I. DES PHÉNOMÈNES DE L'ACTION MUSCULAIRE.

Lorsqu'un muscle agit ou se contracte, il se raccourcit, se durcit, se gonfle, paraît augmenter de volume, éprouve un mouvement de trémulation : ses fibres se plissent, et, après sa contraction qui s'est opérée avec vitesse, survient un relâchement plus ou moins prolongé.

Le raccourcissement du muscle est évident. On a essayé de le mesurer : Keil et Bernouilli l'avaient porté au tiers de la longueur des fibres ; MM. Prévost et Dumas l'ont vu aller à peu près jusqu'au quart de cette longueur. Il doit, dans un muscle quelconque, être évalué, non pas d'après l'étendue longitudinale de ce dernier, mais seulement d'après celle des fibres qui vont d'une extrémité à l'autre. Si celles-ci sont obliques relativement au grand axe ou à la ligne dynamique du muscle, il ne peut l'être que d'après la résultante des dimensions de ces fibres.

Le muscle se gonfle et se durcit, et ceci est encore palpable ; mais on ne sait pas bien si son volume est resté le même ou s'il a éprouvé, soit une augmentation, soit une diminution. Glisson, en faisant plonger le bras dans un vase plein d'eau, voyait le niveau du liquide baisser lors de la contraction, d'où il concluait à une diminution du volume des masses musculaires contractées. Swammerdam arrivait au même résultat avec le cœur d'une grenouille préalablement débarrassé du sang qu'il

pouvait contenir ; d'autres, répétant les mêmes expériences dans des conditions semblables, ont, au contraire, cru constater une augmentation ; enfin, quelques uns, MM. Dumas et Prévost, entre autres, en opérant avec le plus grand soin sur des tronçons d'anguilles ou de reptiles enfermés dans des tubes, n'ont pu remarquer aucune variation sensible dans le niveau du liquide; aussi admettent-ils que le muscle, en se contractant, ne change pas de volume, et qu'il gagne en largeur ce qu'il a perdu suivant le sens longitudinal.

Il éprouve une trémulation, une sorte de tremblement qui paraît résulter d'une série de contractions qui se succèdent avec une extrême rapidité. Ce phénomène est très sensible sur le cœur des grands animaux qu'on vient de tuer par la décapitation ou par une simple section de la moelle épinière, mais il est alors beaucoup plus lent que celui qui s'observe à la surface du muscle dénudé chez l'animal vivant.

Fig. 23.



Ses fibres se plissent (fig. 23) en zigzag, ainsi que Haller et les physiologistes de son temps l'avaient déjà constaté : le sommet des angles qu'elles décrivent correspond, d'après MM. Prévost et Dumas, à l'insertion des divisions nerveuses sur les fibres musculaires. Cependant, suivant les recherches récentes de Weber (1), il en serait tout autrement : les fibres du muscle en contraction deviendraient droites et ne reprendraient leurs sinuosités que lors du relâchement, mais cette observation a besoin d'être confirmée.

Lors de la contraction, il y aurait, d'après Matteucci et Dubois-Reymond, une modification dans le sens et l'intensité du courant qu'ils ont constaté dans les muscles à l'aide du galvanomètre, courant qui est normalement dirigé de l'extérieur à l'intérieur, ou de leur diamètre longitudinal à leur diamètre transverse.

Tous ces phénomènes se développent avec une grande rapidité dans certaines circonstances. La contraction qu'ils caractérisent a une durée très variable, mais elle ne peut jamais devenir permanente : dès qu'elle cesse, le muscle est dans un état d'inertie qu'on appelle le relâchement.

II. DES CONDITIONS DE L'ACTION MUSCULAIRE.

Pour que le muscle se contracte, il faut : 1° qu'il soit excité ; 2° qu'il soit soumis à l'influence nerveuse; 3° enfin, qu'il reçoive du sang artériel.

Un muscle volontaire ou involontaire ne se contracte jamais sans y être sollicité par un stimulus quelconque : le cœur se resserre par suite du contact du sang, les plans musculaires de l'estomac et de l'intestin, par l'action des aliments, ceux de la vessie, consécutivement à l'impression qui résulte de la distension de ce réservoir, etc. Les muscles du squelette se mettent, pour la plupart en mouvement sous l'influence de la volonté qui est leur excitant normal ; ceux de l'appareil respiratoire agissent par l'intervention d'un principe qui émane de la moelle allongée. L'excitation met donc en jeu l'action musculaire ; elle la règle et lui assigne ses limites.

La volonté est généralement, pour le système de la vie animale, le mobile et le régulateur de la contraction musculaire ; c'est elle qui commande et le muscle obéit

(1) Müller, *Manuel de physiologie*, 2e édit. Paris, 1851, t. II, p. 38.

sur-le-champ. Si elle est énergique, le mouvement qu'elle suscite partage cette énergie ; si elle est persistante, la contraction se prolonge jusqu'à l'épuisement du muscle. Rien n'est merveilleux comme la dépendance dans laquelle le muscle se trouve relativement à la volonté. Celle-ci agit avec une admirable précision, sans jamais se tromper : il suffit que l'animal veuille exécuter un mouvement déterminé pour qu'elle sollicite immédiatement les muscles qui sont susceptibles de l'effectuer. Par la promptitude de son action, elle a une certaine analogie avec le moteur du télégraphe électrique. De même que dans ce dernier, le courant qui passe par un fil métallique avec une certaine vitesse produit un mouvement à l'extrémité de ce fil ; de même aussi, la volonté, dès qu'elle agit sur un cordon nerveux, provoque une contraction et, chose remarquable, son influence se transmet seulement par les filets qui se rendent aux muscles chargés d'effectuer le mouvement qui doit être produit ; elle ne passe point dans les filets du même nerf qui se distribuent aux muscles antagonistes, car il y aurait contradiction, conflit dans le résultat.

Il est cependant un assez grand nombre de muscles extérieurs, ceux de la respiration, par exemple, qui se contractent régulièrement, sans l'intervention de la volonté ; il en est d'autres dont les mouvements finissent, à la longue, par devenir automatiques, mais tous ces derniers n'en ont pas moins, comme les autres, une cause excitatrice qui a son point de départ dans le système nerveux.

L'influence du système nerveux sur la contraction musculaire est complexe. Les nerfs, ainsi que le fait observer Müller, sollicitent, d'une part, le muscle à se mouvoir, et, d'autre part, lui donnent en partie l'aptitude à se contracter : c'est ce que les recherches de divers expérimentateurs tendent à établir.

Haller et, après lui, beaucoup d'autres physiologistes, ont regardé la faculté contractile comme une propriété inhérente au muscle et indépendante de l'influence des nerfs, propriété qui pourrait être mise en jeu aussi bien par toute espèce d'excitation que par celle du système nerveux. Tiedemann et M. Longet ne sont pas éloignés de cette manière de voir qui ne compte plus guère d'adhérents, quoiqu'elle soit plus vraisemblable que ne le pensent les adversaires des idées hallériennes.

On sait depuis longtemps que la ligature, la compression ou la section des nerfs qui se rendent à un muscle ôtent à ce dernier l'aptitude à se contracter sous l'influence de la volonté et sous celle des autres causes qui émanent des centres nerveux : la plus simple expérience démontre donc évidemment que le nerf est l'organe par lequel l'action excitatrice développée dans les centres nerveux se transmet aux muscles.

Mais lorsque le nerf séparé des parties centrales du système nerveux est excité, il provoque encore, pendant un certain temps, des contractions musculaires ; son excitabilité s'éteint même assez lentement. D'après Müller (1), il n'en resterait plus de traces deux mois et demi après la section avec perte de substance ; mais, d'après les recherches de M. Longet, elle serait beaucoup moins persistante. Après avoir reséqué les sciatiques, il a vu, en soumettant fréquemment ces nerfs à l'action d'un courant galvanique, qu'au bout de quatre jours ils ne provoquaient plus la moindre contraction : les résultats ont été les mêmes, soit qu'il eût opéré sur des nerfs moteurs, tels que le facial et l'hypoglosse, ou sur des nerfs mixtes, tels que ceux des membres.

(1) *Manuel de physiologie*, 2e édit. t. II, p. 51.

Si le nerf perd très vite son excitabilité, le muscle conserve pendant un temps bien plus long la faculté de se contracter. M. Longet, ayant reséqué le facial, a vu qu'à partir du quatrième jour après la section, les irritations mécaniques ou galvaniques restaient sans effet sur le nerf, tandis qu'elles continuaient à provoquer des contractions lorsqu'on les appliquait immédiatement aux muscles privés de l'influence nerveuse; leur contractilité a survécu près de trois mois à l'extinction complète de l'excitabilité du nerf.

Les nerfs moteurs ne sont pas les seuls qui aient de l'influence sur la contractilité des muscles, les nerfs sensitifs en exercent une qui est très remarquable. L'expérimentateur que je viens de citer, ayant coupé les divisions de la cinquième paire qui se rendent aux muscles des lèvres et des ailes du nez, a constaté que la contractilité de ces derniers s'était très sensiblement affaiblie au bout de six à sept semaines, et il a expliqué cet affaiblissement par un vice de nutrition consécutif à la section des filets sensitifs, vice rendu évident par l'atrophie et la décoloration des muscles privés de l'influence du trifacial.

Cette irritabilité qui survit dans le muscle à la perte complète de celle du nerf persisterait aussi, d'après Nysten, Legallois, etc., dans diverses paralysies. Suivant Marshall-Hall, qui se fonde sur des expériences très ingénieuses, elle se conserverait dans les muscles privés de communication avec l'encéphale, et, par conséquent, dans les paralysies cérébrales ; mais elle se perdrait dans ceux qui sont séparés de la moelle épinière par une section faite à l'origine de leurs nerfs et lors des paralysies spinales. Enfin, lorsqu'elle se serait presque éteinte, le galvanisme pourrait la faire renaître et l'entretenir, indépendamment de l'influence nerveuse, ainsi qu'il semble résulter des recherches de M. Brown-Séquard, dans lesquelles on aurait constaté qu'après la section du sciatique, les extrémités postérieures conservent leurs mouvements, pourvu qu'elles soient soumises journellement à l'action d'un faible courant galvanique. Mais ces expériences sont évidemment défectueuses, puisque le courant a porté à la fois son action sur les muscles réellement paralysés et sur ceux qui reçoivent leurs nerfs du fémoral antérieur, de l'obturateur et des fessiers qui n'avaient rien perdu de leur contractilité et suffisaient à la production des mouvements de totalité des membres postérieurs; elles ne seront réellement concluantes qu'autant que la galvanisation, appliquée exclusivement aux muscles dont les nerfs auront été coupés, fera renaître leur excitabilité presque éteinte, et l'entretiendra au delà des limites assignées à sa persistance dans les circonstances ordinaires.

La persistance de l'irritabilité musculaire après la perte de celle du nerf semble donc établir que la contractilité est inhérente au muscle et indépendante, jusqu'à un certain point, de l'influence nerveuse ; elle semble montrer que le nerf est un simple conducteur des excitations émanées des centres nerveux. Mais, tout bien considéré, l'irritabilité du nerf est liée étroitement à celle du muscle : la stimulation exercée sur le premier produit le même résultat que celle qui est appliquée directement sur le second ; les narcotiques qui anéantissent l'irritabilité du nerf, anéantissent aussi celle du muscle ; les fortes décharges électriques effectuées, soit sur le nerf, soit sur le muscle, font également perdre à ce dernier l'aptitude à se contracter ; la section ou la ligature des nerfs amène enfin, au bout d'un certain temps, l'extinction complète de l'irritabilité des organes contractiles.

L'influence que le sang exerce sur la contraction musculaire est plus facile à déterminer que celle des nerfs. Les physiologistes ont eu recours, pour arriver à ce résultat, à la ligature de l'aorte postérieure : Sténon, Vieussens, Haller, Bichat, qui ont tenté cette expérience, ont constaté qu'après la ligature du vaisseau en avant ou en arrière des mésentériques, il se manifeste une paralysie complète des membres postérieurs : suivant les uns, cette paralysie se développe immédiatement après la ligature; suivant les autres, elle ne se produit qu'au bout de quelques minutes.

Il est à remarquer que le muscle, une fois paralysé par le fait de la privation du sang artériel, ne perd pas pour cela son irritabilité ; il la conserve encore au moins une demi-heure, d'après les observations de Lorry, et plus de deux heures, d'après celles qui ont été faites récemment par M. Longet ; enfin, il rentre sous l'empire de la volonté lorsque l'enlèvement de la ligature permet à la circulation de se rétablir. Ayant fait la ligature de l'aorte sur le chien, le chat et le cheval, j'ai observé dans tous les cas une paralysie complète des membres postérieurs. Mais cette paralysie survenait au bout d'un temps très variable et s'accompagnait de phénomènes assez dissemblables suivant les espèces soumises à l'expérience. Ainsi, sur le chien, les membres abdominaux ont cessé de se mouvoir dès que le cours du sang a été interrompu dans l'aorte ; les muscles de ces extrémités, mis à découvert, n'ont pas tardé à se contracter spontanément, mais de cette contraction oscillante qui caractérise l'irritabilité musculaire après la mort ; ceux qui étaient fortement tendus, ou soustraits par des aponévroses au contact de l'air, ne se contractaient point ou ne le faisaient que plus tard ; les nerfs irrités, soit avec le scalpel, soit avec un acide, ont déterminé des mouvements très marqués dans les muscles ; les muscles eux-mêmes, excités directement, se sont également contractés : leur irritabilité s'est conservée, ainsi que celle du nerf, de deux à trois heures après la ligature du vaisseau.

Sur le cheval, la même expérience faite après une abondante saignée laisse pendant deux ou trois minutes assez de contractilité dans les membres abdominaux pour qu'ils puissent encore éprouver de violentes secousses, mais parfois elle les paralyse instantanément. La sensibilité diminue tellement, qu'on peut enlever la peau dans une grande étendue, et piquer des nerfs superficiels, sans que l'animal paraisse en éprouver une douleur bien appréciable ; l'irritabilité des nerfs et des muscles persiste une heure et demie, quelquefois plus ; elle cesse cependant plus vite que chez le chien : les contractions qui la traduisent ne sont jamais assez fortes pour faire mouvoir un rayon osseux ou pour ramener à l'extension un membre fléchi ; de plus, elle persiste après la mort presque aussi longtemps dans les muscles qui ont cessé de recevoir du sang que dans ceux des membres antérieurs où la circulation n'a point été interrompue.

Enfin, sur le chat, la ligature de l'aorte, en arrière des reins, faite deux fois, comme dans les autres circonstances, afin de prévenir le relâchement du lien qui pourrait résulter de l'énergique impulsion du sang, ne produit pas immédiatement la paralysie ; elle laisse quelquefois les extrémités postérieures s'agiter encore légèrement pendant quinze, vingt, trente minutes. Au bout de trois à quatre heures, elle entraîne une extinction complète de l'irritabilité musculaire qui ne réapparaît qu'avec

une extrême lenteur après la suppression du lien qui étreignait l'artère (1).

Ce qui se produit subitement par le secours de l'expérimentation, se développe en partie, dans certains cas, sous l'influence de causes encore peu connues. Lorsque des caillots se forment dans l'aorte, comme on le voit fréquemment chez le cheval, ou dans les gros troncs qui fournissent les artères des membres, les muscles perdent de leur contractilité. L'oblitération incomplète de l'aorte postérieure entraîne une faiblesse du tronc de derrière, un bercement de la croupe et une claudication plus ou moins forte; celle des principaux troncs artériels d'un membre, comme le brachial, par exemple, détermine une boiterie intermittente qui apparaît et devient très intense après un exercice de quelques instants, pour cesser complétement pendant l'inaction (2).

La ligature de la veine cave, qui entraîne inévitablement à sa suite la stase du sang noir dans les muscles, ne les paralyse pas; elle affaiblit seulement leur contractilité : aucun expérimentateur n'a reconnu au sang veineux l'action stupéfiante que Bichat lui avait attribuée.

Ainsi, l'abord du sang artériel dans les muscles est indispensable à ces organes pour qu'ils puissent se contracter volontairement, mais il n'est point immédiatement nécessaire à l'entretien de leur irritabilité, non plus qu'à celle des nerfs. Du reste, cette influence du sang n'est pas également nécessaire dans tous les animaux et dans toutes les circonstances : on sait que la contraction spontanée s'effectue dans les muscles des animaux morts par effusion de sang, que le cœur d'un reptile continue à battre longtemps après avoir été arraché, et qu'enfin la grenouille privée de cœur exécute des mouvements spontanés et volontaires, marche, saute ou nage comme auparavant.

III. DE LA NATURE DE L'ACTION MUSCULAIRE.

Nous venons de voir les phénomènes qui caractérisent la contraction musculaire et les conditions sous l'influence desquelles elle s'effectue ; il nous reste à rechercher quelle peut être la nature intime de cette action.

Descartes, Newton, et avant eux Galien, regardaient la contraction comme le résultat de la réplétion des fibres musculaires par les esprits qu'ils admettaient dans les nerfs. Beaucoup de modernes ont adopté la même opinion avec quelques variantes : Willis, par exemple, supposait que les fibres tendineuses étaient des réservoirs destinés à contenir ces esprits émanés du cerveau et transmis aux muscles par l'intermédiaire des nerfs. Ces esprits en affluant dans les organes contractiles, se mettaient en contact avec certains principes aériens amenés par le sang, déterminaient une fermentation qui devenait la cause immédiate de la contraction ; puis celle-ci effectuée, les esprits revenaient dans les fibres tendineuses. Duverney (3), qui

(1) Haller, qui avait observé sur le chat, dans la même circonstance, des mouvements des membres postérieurs, les attribuait à la contraction des psoas.

(2) Voyez *Recueil de médecine vétérinaire*, 1831, p. 517, *Claudication intermittente des membres postérieurs déterminée par l'oblitération des artères fémorales*, M. J. Bouley — *Id.* 1846, p. 578, *Mémoire sur les paralysies du cheval causées par l'oblitération de l'aorte postérieure et de ses divisions terminales*, M. Goubaux. — *Id.* 1851, p. 793, *Oblitération du tronc brachial gauche et de ses divisions déterminant une boiterie intermittente chez le cheval*, M. H. Bouley.

(3) *Œuvres anatomiques*, Paris, 1761, t. I, p. 489.

repoussait l'idée d'une fermentation, croyait que le raccourcissement du muscle résultait de l'afflux plus abondant du sang et des esprits animaux, et son relâchement du retrait plus ou moins complet de ces deux espèces de fluides; Sténon, sans s'expliquer longuement à cet égard, attribuait la contraction à un simple changement des angles que forment les fibres musculaires.

Les physiologistes modernes, abandonnant les vieilles hypothèses, ont eu recours à un autre ordre d'explications : MM. Prévost et Dumas, ayant cru remarquer que les divisions nerveuses forment des anses au sommet des angles de la fibre musculaire, admettent que l'électricité marche dans ces divisions par courants parallèles, de telle sorte que, par leur attraction, ils entraînent les uns vers les autres les points des fibres sur lesquels les filets nerveux passent. Cependant les courants qu'ils supposent dans les nerfs n'ont pu être mis en évidence par le galvanomètre; mais ils attribuent ce résultat à ce que probablement le courant ascendant et le courant descendant se neutralisent, et empêchent par conséquent toute déviation dans l'aiguille de l'instrument électrique.

Cette théorie séduisante, qui avait pour elle le grand avantage d'expliquer une action obscure par quelques unes des lois les plus simples des phénomèmes électriques, a été contestée de tous points. D'abord, la direction en zigzag des fibres musculaires, et la disposition en anses des filets nerveux, n'ont point été trouvées telles par tous les observateurs, puis les courants qu'on admettait dans les nerfs n'ont pas été reconnus par les divers expérimentateurs qui ont cherché à en constater l'existence. Cependant les recherches récentes de Matteucci et de Dubois-Reymond ont fait voir que quand on applique les fils du galvanomètre, d'une part, sur la surface d'un muscle, d'autre part, sur sa coupe, il se manifeste une déviation et une oscillation très sensibles de l'aiguille , si en irritant les nerfs de ce muscle, on provoque des contractions plus ou moins prolongées. Mais ces faits ont besoin d'être reproduits et variés pour être bien établis; ils demandent à être interprétés rigoureusement, pour qu'on puisse acquérir la certitude que ces courants sont de nature électrique, et qu'enfin ils deviennent la cause immédiate de la contraction musculaire.

Dugès (1) propose une autre théorie de l'action musculaire : partant de ce fait que le muscle est élastique, il regarde cette élasticité comme la cause de la contraction. Dans le relâchement, la fibre serait tenue à l'état d'*expansion* par ce qu'il appelle l'*agent vital*, et, dans la contraction, le même agent neutralisé laisserait revenir la fibre sur elle-même en vertu de son élasticité. C'est encore là une explication peut-être vraisemblable, mais sans autre valeur que celle d'une simple hypothèse.

Si l'on ne connaît ni la nature, ni le mode d'action de la cause qui détermine la contraction musculaire, on ne sait pas mieux quelle est l'essence de la propriété qui donne au muscle l'aptitude à se contracter sous l'influence de diverses excitations. Déjà nous avons vu que la contractilité avait été considérée comme inhérente au muscle et indépendante de l'action nerveuse. Cette hypothèse tant combattue s'éloigne pourtant très peu de la vérité, puisque l'expérimentation a démontré que le muscle conserve l'aptitude à se contracter bien longtemps après la section de ses nerfs et la perte de leur excitabilité ; elle s'appuie, du reste, sur les effets remar-

(1) *Traité de physiologie*, Montpellier, 1838, t. II, p. 96.

quables de diverses substances qui, injectées dans les artères, paraissent isoler l'action musculaire de l'action nerveuse, car, sous l'influence de l'éther chlorhydrique chloré, par exemple, « d'un côté, la roideur tétanique se montre alors même que la motricité du nerf est perdue, et de l'autre, le relâchement musculaire se montre alors que la motricité du nerf subsiste (1). » Aussi faut-il revenir à cette idée de Haller (2), que le nerf conduit seulement aux muscles les ordres de la volonté, les principes de différentes stimulations, et augmente l'aptitude de ces organes à se contracter.

Cette irritabilité qui a été trouvée plus vive dans le cœur, le diaphragme, les intestins, que dans les autres muscles, ne s'éteint pas avec la destruction des centres nerveux, la section ou la ligature des nerfs, la suspension de la circulation ; elle survit à tous ces accidents et persiste même après la mort pendant un temps assez considérable. Son extinction s'effectue avec une inégale rapidité dans les diverses parties du système musculaire. Les expériences déjà anciennes de Nysten (3) ont appris que le ventricule gauche est le premier à perdre son irritabilité, puis l'estomac et l'intestin, le ventricule droit, l'œsophage, les muscles du tronc, ceux des membres postérieurs, des membres thoraciques, enfin les oreillettes, qui conservent la leur après que tous les autres organes contractiles ont cessé de répondre aux excitations les plus énergiques ; il a vu que, chez le chien, l'irritabilité se perd successivement dans le ventricule gauche, le gros intestin, l'intestin grêle, l'estomac, le ventricule pulmonaire, les muscles du squelette, enfin dans les oreillettes du cœur : la contractilité de celles-ci est si persistante qu'elle peut être encore mise en jeu par l'action d'un courant galvanique huit heures après la mort ; de plus, cet expérimentateur a constaté que certains gaz, tels que l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'hydrogène sulfuré, l'acide sulfureux, etc., diminuent de beaucoup la durée de l'irritabilité.

A cet égard, on note des différences très sensibles suivant les âges et les espèces d'animaux, le genre de mort, l'élévation de la température extérieure, etc. Ainsi, j'ai constaté que sur le cheval adulte, décapité ou tué par la section de la moelle allongée, les contractions spontanées des ventricules persistaient pendant dix, quinze, vingt minutes, et celles des oreillettes quelquefois pendant une heure et quart ; elles cessaient en général dans l'intestin et les muscles des membres au bout de cinquante à soixante minutes, à une température de + 25 degrés centigrades ; mais il était alors facile de les ranimer faiblement par de légères excitations. Chez de très jeunes

(1) Flourens, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 13 janvier 1852.

(2) *Mémoire sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal* (*Dissertation sur l'irritabilité*, t. I, p. 52).

Voici comment Haller caractérise ce qu'il appelle l'*irritabilité* : « L'irritabilité, dit-il, est naturelle aux muscles; elle dure autant que la vie et même après la fin de la vie, jusqu'à ce que les muscles soient refroidis dans les animaux à sang chaud. C'est elle seule qui anime les muscles dans les animaux qui n'ont point de nerfs. On la voit agir d'elle-même dans les muscles découverts, et on la rappelle en les irritant. Elle produit un tiraillement alternatif des fibres qui se retirent vers le milieu du muscle et qui retournent à leur place. Cette irritabilité produit le mouvement sans l'aide des nerfs; elle subsiste dans le cœur, les intestins, les jambes séparées du corps; elle demeure attachée aux muscles dont on a coupé les nerfs; enfin elle persiste dans les parties dont le sentiment est absolument supprimé. » (Tome I, p. 256.)

(3) *Recherches de physiologie et de chimie pathologiques*, Paris, 1811.

chiens, ces contractions spontanées se sont fait remarquer aux oreillettes deux heures et demie après la décapitation ; enfin, chez des grenouilles, elles étaient encore très manifestes trente-six heures après cette mutilation, et par conséquent bien longtemps après l'extinction complète de l'irritabilité dans les muscles de la vie animale.

Quand l'irritabilité s'est éteinte dans les muscles du cadavre, ceux-ci éprouvent une tension particulière, une sorte de contraction de nature spéciale qu'on appelle la *roideur cadavérique*. Elle se manifeste un certain temps après la mort, plus ou moins vite, suivant la température ambiante et le genre de mort ; elle est plus prompte dans les temps froids que dans les saisons chaudes, plus chez les animaux vigoureux que chez les sujets épuisés par les maladies ; elle se montre chez tous les vertébrés à sang froid comme chez ceux à sang chaud, ainsi que les grenouilles et les serpents nous en offrent tous les jours des exemples. Dugès l'a constatée chez les mollusques, les crustacés, les annélides, les insectes et les entozoaires. Elle se développe dans toutes les circonstances, soit que les animaux meurent subitement ou à la suite de maladies, même de celles qui s'accompagnent d'altérations putrides, soit qu'ils aient été tués avec ou sans effusion de sang, lésions du système nerveux, telles que destruction de l'encéphale, section de la moelle épinière, etc. Elle s'empare aussi bien des muscles de la vie organique que de ceux de la vie animale ; c'est elle, en effet, qui rapetisse le cœur et en réduit l'intérieur à une si faible capacité ; c'est elle qui maintient le cardia du cheval si énergiquement resserré, et qui oppose une forte résistance à la distension artificielle de l'estomac, de la vessie, etc.

On a étudié chez l'homme l'ordre suivant lequel elle apparaît dans les diverses parties du système musculaire, mais on n'a point fait de remarques semblables en ce qui concerne les animaux. Très probablement, cet ordre dépend du volume des parties et de la rapidité de leur refroidissement. On conçoit, en effet, qu'elle se manifeste d'abord à la partie inférieure des membres, puis à leur partie supérieure, au cou et ensuite au tronc. Ordinairement, lorsque les animaux meurent, ils étendent fortement les extrémités, l'encolure et la tête, de telle sorte que la roideur s'empare du cadavre dans la position que celui-ci a prise tout d'abord. On ne voit pas alors que les fléchisseurs aient de la prédominance sur les extenseurs ; au contraire, il semble que les derniers aient l'avantage, vu l'extension presque forcée dans laquelle se maintiennent les diverses régions des membres. Les sphincters se contractent aussi plus ou moins, mais les yeux restent ouverts et la lèvre inférieure souvent pendante.

La durée de la rigidité cadavérique est sujette à une foule de variations. D'autant plus courte que la température est plus élevée, elle se prolonge jusqu'au moment où la putréfaction s'empare des tissus ; on la voit même dépasser l'instant où la décomposition est fort avancée dans les viscères intestinaux ; elle peut aller jusqu'à cinq, six jours et plus sur les mammifères et les oiseaux. Hunter l'a niée chez les individus tués par la foudre ; d'autres l'ont dite seulement plus courte dans ce cas que dans les circonstances ordinaires : le fait n'aurait rien d'étonnant, puisque l'expérience a fait voir que des animaux soumis à l'action de courants électro-magnétiques ont une roideur d'autant plus courte que ces courants ont été plus forts et plus prolongés. On la croit aussi très courte chez les sujets morts du charbon ou d'affections putrides ou gangréneuses. Il serait intéressant de savoir si sa durée

est modifiée sous l'influence des maladies tétaniques, de celles qui s'accompagnent de convulsions comme la chorée, ou à la suite de l'intoxication par la noix vomique.

Quant aux causes de ce phénomène, elles sont peu connues. Évidemment, la rigidité tient à une tension étrangère à celle qui caractérise la contraction musculaire, mais cette tension s'opère, aussi bien que la contraction, indépendamment de l'influence nerveuse, puisqu'elle se manifeste chez les animaux tués par l'opium, la noix vomique et d'autres narcotiques, de même qu'après la destruction des centres nerveux, la section de la moelle ou des nerfs. Le raccourcissement qui l'accompagne est très faible; il suffit à peine pour faire disparaître les flexuosités des masses musculaires, et n'est jamais assez considérable pour déterminer l'extension ou la flexion des parties dans lesquelles on a laissé prédominer l'action de certains muscles en coupant leurs antagonistes. Une fois qu'elle est complète, la section des muscles n'est pas suivie de cette rétraction si remarquable qui se produit sur l'animal vivant, et après la mort, tant que l'irritabilité n'est pas éteinte et que le cadavre n'est pas refroidi. Certains auteurs l'ont dite un reste d'une contractilité mourante, d'autres l'effet d'une contraction physique ; quelques uns la considèrent comme le résultat de la coagulation du sang et de la lymphe dans les petits vaisseaux ; mais on a opposé à cette dernière hypothèse que la rigidité se produit avant que cette coagulation soit complète, et même chez les sujets dont le sang est incoagulable : j'ajoute qu'elle se développe aussi vite et devient aussi persistante chez les animaux tués par effusion de sang, et qui, par conséquent, ont les vaisseaux presque vides, que chez les autres. Néanmoins il n'est pas invraisemblable que la coagulation du sang dans les capillaires et les petits vaisseaux contribue pour quelque chose à la production du phénomène, car l'hémorrhagie mortelle ne peut, sans aucun doute, les débarrasser de tout leur contenu. Enfin, on a voulu la regarder comme une conséquence de la solidification de la graisse déposée dans les interstices musculaires. Si cette supposition était fondée, la rigidité cadavérique serait plus faible chez les sujets qui meurent dans le marasme que chez ceux qui se trouvent dans un certain état d'embonpoint ; elle serait portée à son maximum chez les animaux dont la graisse est très dense après la coagulation, et serait, au contraire, faible ou nulle chez les solipèdes dont la graisse reste à peu près fluide à la température ordinaire.

IV. DES EFFETS DE L'ACTION MUSCULAIRE.

L'effet immédiat de la contraction musculaire est un mouvement plus ou moins appréciable, tantôt borné au muscle lui-même, tantôt communiqué aux parties sur lesquelles il est fixé. Les caractères de ce mouvement dépendent des variétés infinies que peut offrir la disposition des muscles.

Parmi ces derniers, les uns sont destinés à augmenter ou à diminuer la capacité des réservoirs dont ils forment les parois, comme les muscles de l'estomac, de la vessie, du cœur ; les autres ont pour office d'ouvrir ou de fermer des orifices ; ils sont disposés en sphincters ou en ceintures, comme ceux de la bouche, des paupières et des autres ouvertures naturelles ; enfin, la plupart doivent déplacer les os ou les cartilages sur lesquels ils s'insèrent.

Les mouvements résultant de la contraction des muscles sont *volontaires* ou

involontaires : les premiers pour les fonctions de relation, les autres pour celles de nutrition. Cette première division fondamentale n'est cependant pas absolue, car beaucoup de mouvements considérés comme involontaires sont plus ou moins influencés par la volonté dans certaines circonstances, de même que plusieurs mouvements volontaires s'effectuent d'une manière tout à fait automatique.

Les mouvements *automatiques* ou *rhythmiques* sont indépendants de la volonté, et régis, les uns par le système ganglionnaire, les autres par le système cérébro-spinal. Les premiers, c'est-à-dire ceux du cœur, de l'intestin, de l'extrémité inférieure de l'œsophage, se caractérisent, soit par des contractions rapides qui alternent avec des périodes très courtes de relâchement, soit par des contractions très prolongées comme celles des sphincters de l'anus et de la vessie; ils ne reconnaissent pas pour cause immédiate l'action des substances qui sont les excitants naturels des organes, puisque le cœur vide de sang et l'intestin débarrassé d'aliments se contractent comme dans les circonstances ordinaires; ils ne paraissent pas non plus dépendre des centres du système ganglionnaire, car les organes qui se trouvent accidentellement séparés de ces derniers agissent encore. Leur point de départ, ainsi que la cause de leur rhythme, semble être dans les nerfs qui font partie intégrante des organes contractiles ; néanmoins la présence du sang, le contact de l'air ou des aliments, les nerfs placés en dehors des organes, ont sur eux une influence très évidente, mais non indispensable.

Les autres mouvements rhythmiques dépendent du système cérébro-spinal : ils sont intermittents ou continus. Les mouvements rhythmiques intermittents sont ceux de la respiration, c'est-à-dire ceux des muscles pectoraux, du diaphragme, du larynx : Ch. Bell les regardait comme régis par une influence nerveuse distincte de celle qui, accidentellement, les met sous l'empire de la volonté. Les mouvements rhythmiques à type continu sont ceux des divers sphincters. Müller explique les premiers par des émissions successives de fluide nerveux partant de la moelle allongée, et les seconds par un courant non interrompu de ce même fluide vers les muscles en constriction permanente.

Les mouvements *réflexes* constituent un autre ordre de mouvements déterminés par des incitations qui, produites sur certaines parties, sont transmises aux centres nerveux dont elles provoquent la réaction. Ainsi les substances irritantes ingérées dans l'estomac produisent sur les nerfs du viscère une impression qui est transmise aux centres, lesquels déterminent consécutivement les contractions spasmodiques du vomissement. De même, l'irritation de la muqueuse bronchique donne lieu à la toux, l'impression de la lumière sur la rétine fait resserrer l'iris, etc.

Les mouvements *associés* sont fort nombreux et très remarquables : leur association a son point de départ dans le système nerveux, mais elle peut être plus ou moins modifiée sous l'influence de l'habitude et de la volonté. Les mouvements d'un œil sont associés à ceux de l'œil opposé; l'un ne peut se diriger en haut pendant que l'autre regarde en bas, ni se porter en dedans quand ce dernier se porte en dehors; les mouvements de la langue se lient à ceux du voile du palais, du pharynx et du larynx, lors de la déglutition ; ceux de l'estomac s'associent aux contractions du diaphragme et des muscles abdominaux, lors du vomissement et de la rumination ; l'action d'un membre s'associe à celle des autres membres suivant un certain

ordre pour le pas, et suivant un ordre différent pour le trot, le galop et les autres allures.

Enfin, les mouvements déterminés par les instincts, les passions, ont été déjà en partie indiqués, ou le seront plus tard au sujet des expressions ; ils ne manquent pas d'importance sous le rapport de leur but et de leur signification (1).

CHAPITRE XII.

DES ATTITUDES.

On donne le nom d'*attitudes* aux divers états dans lesquels les animaux se trouvent à peu près immobiles, soit debout, soit couchés sur le sol, ou enfin fixés à des corps étrangers d'une manière quelconque. Cette qualification s'applique à la station, au décubitus, à la situation de l'oiseau perché sur une branche, et à quelques autres actes qui ne doivent point nous occuper.

I. DE LA STATION.

C'est l'attitude des animaux debout, appuyés sur une ou plusieurs de leurs extrémités.

Elle constitue un état essentiellement actif qui exige un certain déploiement de forces musculaires, et qui ne peut être prolongé longtemps dans la plupart des animaux, à moins que des dispositions mécaniques spéciales ne viennent se substituer, en grande partie, aux efforts des puissances contractiles.

On distingue plusieurs espèces de station, savoir : 1° la station bipède, à corps vertical ou à peu près ; 2° la station bipède à corps non vertical ; 3° la station quadrupède. La première est celle de l'homme, des singes et de quelques autres mammifères ; la seconde, celle des oiseaux ; et la troisième, celle de la généralité des animaux quadrupèdes.

La station a été aussi distinguée chez les solipèdes en *libre* et en *forcée*, suivant que les quatre membres ou trois d'entre eux seulement supportent le corps ; cette distinction, fort juste, du reste, ne s'applique qu'à ces seuls animaux.

Dans la station *libre*, le corps est soutenu par trois membres ; l'autre, qui est toujours un membre postérieur, se trouve légèrement fléchi, il n'appuie sur le sol que par la pince et ne supporte point sa part du poids de la masse totale ; mais après s'être reposé pendant un certain temps, il revient à l'appui, et le second vient prendre la même situation pour se reposer à son tour, et ainsi successivement. C'est à cette particularité fort remarquable que les solipèdes doivent, en grande partie, l'aptitude à rester debout pendant très longtemps. Elle paraît exclusive à ces animaux ; du moins, je n'ai rien vu d'analogue, ni chez les ruminants domestiques,

(1) Voyez pour de plus amples détails, au sujet des différents mouvements musculaires, les savantes considérations de J. Müller (*Manuel de physiologie*, 2e édit., t. II, p. 65).

ni chez les ruminants sauvages, si ce n'est chez l'éléphant, dont la station est très prolongée, sans être permanente.

Dans la station *forcée*, les quatre membres sont appuyés sur le sol ; l'un n'est ni moins fléchi, ni plus avancé que l'autre : chacun supporte sa part proportionnelle du poids du corps.

Station quadrupédale (1). — C'est celle dans laquelle la base de sustentation est la plus étendue et l'équilibre le plus stable. Elle est d'autant plus pénible que la masse du corps est plus lourde, que les rayons des membres sont plus fléchis les uns sur les autres, qu'enfin il y a moins de dispositions mécaniques pour limiter cette flexion et tenir lieu d'efforts musculaires.

Pour peu qu'on réfléchisse sur l'état de l'appareil locomoteur dans la station, il est facile de voir que cette attitude nécessite des efforts musculaires plus ou moins considérables, et que, par conséquent, elle ne peut être indéfiniment prolongée, si des dispositions mécaniques ne viennent au secours des puissances musculaires. En effet, les rayons des extrémités étant, pour la plupart, fléchis les uns sur les autres, l'épaule sur le bras, le bras sur l'avant-bras, la cuisse sur la jambe, celle-ci sur le pied, il en résulte que le poids du corps tend à augmenter cette flexion et à affaisser le tronc sur les extrémités. Or, pour prévenir cet affaissement, maintenir les membres dans leur fixité et leur donner une rigidité convenable, il faut une contraction plus ou moins énergique de la part des extenseurs : c'est là ce qui rend la station fatigante. Mais la contraction des muscles n'étant pas continue ou incessante, la station ne saurait être que momentanée. Néanmoins cette attitude peut se prolonger fort longtemps, parce que, d'une part, les extenseurs étant multiples dans chaque région, ils peuvent agir et se reposer tour à tour, et parce que, d'autre part, diverses dispositions mécaniques habilement combinées viennent en aide à l'action musculaire. Ce sont ces dispositions qu'il faut examiner pour nous faire une idée exacte du mécanisme de la station.

En jetant d'abord un coup d'œil sur les membres antérieurs, nous voyons que, si leurs rayons inférieurs se trouvent, par le fait de leur direction à peu près verticale, dans d'excellentes conditions pour dispenser les muscles d'un grand déploiement de force, leurs rayons supérieurs sont au contraire dans une inclinaison très défavorable. Effectivement l'angle scapulo-huméral, rempli par les extenseurs de l'avant-bras, tend constamment à se fermer de plus en plus par l'abaissement de l'extrémité supérieure du scapulum et par la projection en avant de l'articulation scapulo-humérale. Cet abaissement et cette projection doivent être évités, et ils le sont par des muscles très nombreux. L'extrémité supérieure de l'omoplate ne bascule point en se portant en arrière, soutenue qu'elle est par le rhomboïde qui la tire en haut, ainsi que les trapèzes, puis par le releveur propre de l'épaule qui ten à la ramener en haut et en avant, enfin par l'angulaire de l'omoplate qui la tire en avant et en bas, et par conséquent tend à ouvrir l'angle au lieu de le fermer. Ces cinq muscles s'opposent à l'abaissement et à la projection en arrière de l'extrémité supérieure de l'épaule ; ils lui donnent ainsi une fixité sans laquelle le scapulum ne

(1) Cuvier et d'autres auteurs disent : *station quadrupède*, mais Dugès se sert de l'expression plus juste que j'emploie ici, bien que l'usage ne l'ait point encore consacrée.

pourrait fournir, ni un appui solide au dentelé qui soutient le tronc entre les membres thoraciques, ni une attache immobile aux muscles olécrâniens qui étendent l'avant-bras et le maintiennent dans une direction verticale. C'est dans ce remarquable arrangement des muscles que réside le point de départ de la fixité des membres antérieurs.

La projection en avant de l'angle scapulo-huméral est empêchée surtout par le grand pectoral, et peut-être aussi par le petit, qui, passant sur le sommet de cet angle, tend, par sa contraction, à le redresser et à le repousser en arrière. D'ailleurs cette projection ne peut s'effectuer sans que les deux rayons supérieurs du membre se fléchissent l'un sur l'autre, et le sus-épineux vient mettre un obstacle considérable à cette flexion.

L'obliquité de l'humérus si prononcée, même chez les mammifères de haute stature, tend sans cesse à s'exagérer pendant la station, aussi bien que lors de la percussion du pied sur le sol. Les agents qui mettent des limites à cette tendance sont déjà, comme nous venons de le voir, le grand pectoral et le sus-épineux, puis cette puissance énergique, moitié passive, moitié active, représentée par le coraco-radial ou long fléchisseur de l'avant-bras. Naissant du renflement de l'apophyse coracoïde par un gros tendon bientôt aplati pour passer sur la coulisse antérieure de l'humérus, il vient s'insérer à l'extrémité supérieure du radius. Chez les solipèdes, son tendon, très large et incrusté de cartilage, dans le point où il passe sur la coulisse, se propage à la surface du muscle et dans son intérieur par de fortes lames qui se rassemblent plus tard pour constituer de nouveau une corde à son extrémité inférieure. La présence de ces lames tendineuses donne au coraco-radial une force très grande et lui permet d'agir à la fois comme un muscle et comme un ligament d'une remarquable solidité, qui s'oppose d'une manière incessante à la fermeture de l'angle scapulo-huméral et à la flexion exagérée de l'humérus sur l'épaule. Le rôle du coraco-radial implique naturellement la nécessité d'un grand développement du muscle et de sa partie tendineuse, chez les animaux de grande taille, tels que les solipèdes qui doivent se tenir très longtemps debout ; c'est aussi ce que l'anatomie démontre clairement. Une telle structure et un tel développement sont moins indispensables aux ruminants dont la station est moins prolongée que celle des solipèdes ; aussi le long fléchisseur de l'avant-bras du bœuf est-il plus petit et moins tendineux que celui du cheval, mais il offre dans le dromadaire les mêmes conditions de force que dans ce dernier animal.

Le coraco-radial, pour remplir l'office que nous venons de rappeler, doit trouver un point fixe à son extrémité inférieure, c'est-à-dire au radius : cette fixité lui est assurée par la contraction des cinq muscles olécrâniens.

A partir de l'humérus, les rayons osseux du membre antérieur présentent une direction à peu près verticale, si ce n'est, cependant, à la région digitée. L'avant-bras, qui n'a d'autre tendance que celle de se fléchir en avant, est maintenu dans sa situation par les cinq extenseurs qui sont, comme on le sait, très sensiblement plus développés chez les solipèdes que chez les ruminants. Le métacarpe continue la colonne rectiligne et verticale dont l'avant-bras forme le segment supérieur. Sa flexion en arrière est empêchée par l'énorme extenseur qui vient s'insérer à son extrémité carpienne, et qui reçoit vers le milieu de sa partie charnue une corde

aponévrotique fixée supérieurement à la tubérosité externe de l'humérus. Mais à ces rayons se borne la direction verticale. La région digitée devient oblique de haut en bas et d'arrière en avant; son obliquité, normalement très prononcée, tend sans cesse à s'exagérer par le fait du poids que supporte chaque extrémité; néanmoins elle ne dépasse jamais certaines limites, grâce à la présence d'un appareil fibreux très solide représenté, chez les solipèdes et les ruminants, par ce qu'on appelle le ligament suspenseur du boulet.

Les puissances musculaires seules n'eussent pas suffi à prévenir l'extrême flexion de la région digitée sur le métacarpe sans le secours du ligament dont nous parlons; elles n'eussent point, du reste, rempli cet office sans une contraction permanente incompatible avec leur manière d'agir. La corde formée par le ligament sésamoïdien supérieur n'est autre chose qu'un muscle dans les carnassiers, le porc et les rongeurs, muscle dont les fibres contractiles ont presque entièrement disparu chez le cheval et les ruminants pour faire place à des fibres tendineuses très résistantes et presque dépourvues d'élasticité. Au moyen de cette transformation d'un muscle en une corde tendineuse, s'est trouvé réalisé l'emploi d'une force considérable dont l'action non interrompue n'entraîne aucune fatigue, et n'exige par conséquent ni repos, ni réparation. Toutefois cet appareil tendineux suspenseur, si solide qu'il soit, ne suffit pas à maintenir la région digitée dans sa légère inclinaison, car dès que les fléchisseurs des phalanges viennent à être rompus, comme cela arrive quelquefois, ou coupés en travers, le boulet descend fortement vers le sol; de même qu'il le fait, mais à un moindre degré, quand on pratique la section du ligament sans intéresser les tendons fléchisseurs : preuve évidente de la solidarité qui existe entre ces puissances et du secours qu'elles se prêtent réciproquement dans leur jeu respectif.

Le rôle des tendons fléchisseurs, relativement à la fixation de l'angle formé par le canon et la région phalangienne, est fort remarquable en ce que ces cordes inextensibles peuvent résister à l'effort incessant qui tend à exagérer la flexion, sans que leurs parties charnues soient tiraillées ou obligées à une contraction permanente. L'obstacle puissant qui s'oppose à la transmission des efforts exercés sur les tendons à la partie supérieure des muscles est constitué, dit le savant auteur du *Traité de l'organisation du pied*, « par une forte bride ligamenteuse qui se détache des ligaments capsulaires postérieurs des articulations carpienne et tarsienne, dont elle ne paraît être qu'un prolongement funiculaire, se superpose dans l'étendue de quelques centimètres à la face postérieure du grand ligament sésamoïdien, et s'unit par une sorte de soudure, à la face antérieure du tendon perforant, dont le volume se trouve ainsi subitement accru de toute la somme des fibres propres à cette bride de renforcement. A l'aide de cette disposition mécanique aussi simple qu'ingénieuse, toute la masse de l'effort qui devait être transmise à la fibre charnue par la continuité de la corde tendineuse est ainsi détournée de son cours naturel, et reportée par le canal de la bride carpienne au sommet des métacarpiens, sur lesquels elle prend implantation par une grande étendue de surface. C'est ainsi que les tendons fléchisseurs se trouvent transformés en ligaments de suspension, et peuvent en remplir l'usage, à l'insu, si l'on peut dire, de la fibre charnue, sous la dépendance de laquelle ils demeurent, toutefois, comme agents de transmission du mouvement. »

Voilà pour les membres antérieurs. Recherchons, maintenant, les conditions de fixité des rayons osseux dans les membres postérieurs.

Ici toutes les régions, depuis la première jusqu'à la dernière, s'éloignent beaucoup de la direction verticale ; leur obliquité, pour rester dans ses limites, lors de la station, exige et des efforts musculaires considérables, et des dispositions mécaniques encore plus multipliées que dans les membres thoraciques.

Le bassin est très oblique relativement au tronc chez le cheval, le bœuf, la plupart des ruminants et des carnassiers ; mais il l'est à un moindre degré dans le lama, le dromadaire, l'éléphant, le rhinocéros et certaines races de chevaux propres au trait. Il tend par conséquent à devenir horizontal, et il obéirait à cette tendance si le long vaste, le demi-tendineux et le demi-membraneux, prenant un point d'appui sur le tibia, ne venaient s'opposer à l'élévation de l'ischium. Néanmoins l'élévation de la partie postérieure du bassin serait bientôt limitée par le mode de jonction des coxaux avec le sacrum. Cette jonction ayant lieu entre une surface taillée obliquement sur les ailes de la première vertèbre sacrée et la face interne de l'ilium, il en résulte que la partie postérieure du bassin ne peut s'élever sans que le sacrum bascule sur la dernière vertèbre des lombes et vienne former avec la ligne de cette région un angle à sinus supérieur ; or, l'enclavement des surfaces articulaires et l'union si solide entre le sacrum et la dernière vertèbre lombaire mettent obstacle, notamment chez le cheval, l'éléphant et le rhinocéros, à ce mouvement de bascule qui se trouve encore efficacement restreint par les psoas du bassin. On conçoit sans peine que si les ischio-tibiaux seuls eussent été chargés de borner l'ascension de la partie postérieure du coxal, ils auraient exigé de la part des extenseurs de la jambe une contraction énergique et permanente sans laquelle leurs attaches inférieures auraient manqué de fixité. Évidemment cette dernière combinaison isolée eût été inintelligente et sans bénéfice réel, puisque l'effet utile, produit sur le coxal, n'aurait été obtenu qu'aux dépens de la contraction des extenseurs de la jambe, c'est-à-dire des muscles rotuliens.

La cuisse est oblique sur le bassin : le coxal étant fixe, l'extrémité supérieure du fémur ne peut conséquemment se porter ni en avant, ni en arrière, c'est-à-dire ni s'élever, ni s'abaisser. L'extrémité inférieure de ce rayon tend au contraire à se porter en avant et à s'élever. Ce mouvement est empêché, d'une part, par le *fascia lata*, le droit antérieur, le triceps crural, qui agissent sur la jambe par l'intermédiaire de la rotule ; d'autre part, par le grand fessier, dont la puissance énorme suffirait presque seule à l'extension de la cuisse sur la croupe.

La jambe est également fléchie sur la cuisse ; son obliquité est limitée par les muscles rotuliens, qui déjà servaient à prévenir une flexion exagérée du fémur sur le coxal. De plus, la fixité de sa direction a pour agent essentiel le tibio-prémétatarsien, qui, dans les solipèdes, offre sur toute sa longueur une bande aponévrotique très forte, laquelle se trouve beaucoup plus mince dans le dromadaire, et à peu près nulle chez les autres ruminants. Ce muscle agit évidemment comme le coraco-radial dans le membre antérieur, à la condition que son attache inférieure est maintenue immobile par l'action du bifémoro-calcanéen et du fléchisseur superficiel des phalanges.

La flexion du métatarse sur la jambe est limitée d'abord par le gastro-cnémien,

dont les deux parties charnues peuvent être considérées comme des muscles distincts, ensuite par le fléchisseur superficiel des phalanges qui passe au sommet du calcanéum. Ce dernier muscle, pour servir d'auxiliaire à l'extenseur du métatarse, éprouve la remarquable métamorphose qui s'est opérée dans le ligament suspenseur du boulet ; il a perdu ses fibres charnues à tel point qu'il n'en possède plus que quelques unes à son extrémité supérieure, et s'est réduit ainsi à l'état d'une grosse corde cylindrique qui s'aplatit à son passage sur le sommet du calcanéum. Le rôle mécanique de ce singulier muscle est tellement important, que la transformation que je rappelle a lieu même chez les ruminants, le dromadaire notamment, presque au même degré que chez les animaux solipèdes.

Enfin l'inclinaison de la région digitée sur le métatarse est bornée par un appareil ligamenteux suspenseur semblable à celui du membre antérieur.

D'après ce qui précède, on voit que les extrémités ne soutiennent le corps, dans la station, que par des efforts musculaires aidés de dispositions mécaniques plus ou moins évidentes, suivant les régions. La plupart de ces efforts sont développés par les muscles extenseurs; mais ils ne le sont pas tous par ces derniers, comme le prétend Cuvier (1) ; les fléchisseurs y participent dans plusieurs points. Ainsi, par exemple, si au membre antérieur les abducteurs et l'adducteur du bras, qui sont aussi des fléchisseurs, n'ont pas besoin de se contracter pour maintenir le scapulum et l'humérus dans leurs rapports respectifs, il n'en est pas de même : 1° du fléchisseur superficiel des phalanges, dont la contraction maintient l'extrémité inférieure de l'humérus, et s'oppose à ce que cet os se fléchisse davantage sur l'avant-bras; 2° des fléchisseurs du métacarpe, qui, par leur origine humérale, ont une action analogue à celle du muscle précédent, pourvu qu'ils trouvent un point fixe au métacarpe; 3° du coraco-radial, qui constitue, comme nous l'avons vu, un obstacle puissant à la flexion exagérée du bras sur l'avant-bras, par suite de l'abaissement de l'angle scapulo-huméral. Il est à remarquer, toutefois, que cette action des fléchisseurs s'exerce souvent aux dépens de celle des extenseurs, comme on le voit pour le coraco-radial, qui ne maintient l'angle de l'épaule dans sa situation normale qu'autant que le radius est fixé par les muscles ; mais le coraco-radial prend son appui sur un rayon vertical, et emprunte l'élément de son action à cinq muscles formant une masse énorme. Par cette heureuse combinaison, les extenseurs de l'avant-bras, qui sont, sous le rapport dynamique, les antagonistes des fléchisseurs de la même région, deviennent ici, lors de la station, leurs congénères ou leurs auxiliaires ; dans bien d'autres points, du reste, s'observent des combinaisons analogues qui confirment cette assertion en apparence paradoxale.

Ce n'était pas assez pour les extenseurs d'être aidés par des puissances mécaniques, et multipliés dans les régions où un grand déploiement de force est nécessaire, il fallait encore, en vue d'alléger leur fatigue, qu'ils fussent favorisés par les conditions statiques des leviers sur lesquels ils agissent. Or ils le sont considérablement par la transformation du levier du premier genre en un levier du deuxième genre, transformation qui paraît avoir échappé à l'attention des physiologistes.

Si nous considérons, par exemple, les muscles olécrâniens lorsqu'ils se contrac-

(1) *Anatomie comparée*, t. II, p. 105.

tent pour ramener dans sa situation l'avant-bras devenu presque horizontal, nous voyons clairement qu'ils agissent sur un levier interfixe représenté par le radius et le cubitus; la puissance est appliquée au sommet de l'olécrâne; le point d'appui, ou le centre du mouvement, est à l'articulation huméro-radiale; enfin la résistance, dans l'extrémité inférieure du rayon et le poids des parties inférieures du membre. Mais quand le pied est à l'appui, et que la contraction des muscles a pour but de prévenir la flexion de l'avant-bras, le levier n'est-il pas constitué par toute l'extrémité inférieure du membre, à partir du sommet du cubitus? le point d'appui n'est-il pas au sol, la puissance à la pointe de l'olécrâne; et la résistance, représentée par le poids du corps qui tend à fléchir le rayon, n'est-elle pas appliquée à l'articulation huméro radiale? Or la puissance au sommet du cubitus, l'appui au sol, et la résistance dans un point intermédiaire, constituent bien le levier du deuxième genre, si favorable à la puissance, dont le bras s'étend ici depuis le coude jusqu'au sabot. Ce levier, si rarement employé, par la raison qu'il est très désavantageux sous le rapport de la vitesse, que tout semble avoir voulu favoriser, devient, lors de la station, d'un fréquent usage, et cela sans inconvénient pour la vitesse (puisqu'il y a immobilité des rayons osseux) et avantage immense pour les forces musculaires.

Ce qui arrive pour les muscles olécrâniens se reproduit encore aussi évidemment pour le bifémoro-calcanéen, le fléchisseur superficiel des phalanges, les muscles rotuliens, le sus-épineux, etc., d'où il résulte que les leviers interfixes sont convertis en leviers inter-résistants, afin que, dans la station, l'équilibre entre la puissance musculaire et la résistance représentée par le poids du corps puisse être maintenu aussi longtemps que possible, sans une très grande fatigue des organes contractiles.

Tous les grands efforts musculaires qu'exige la station se passent dans les membres : le tronc se repose presque autant quand l'animal est debout que lorsqu'il est couché. Seulement, l'élévation de la tête exige de la part des muscles extenseurs qui se portent de l'encolure à l'occipital une contraction d'autant plus pénible que la tête est plus lourde. Mais ces muscles étant nombreux, ils peuvent se contracter tour à tour, et par conséquent se reposer les uns après les autres. Néanmoins, comme ils finissent par se fatiguer, car leur action est encore nécessaire pendant le décubitus chez la plupart des animaux, ils ont pour auxiliaire passif le vaste ligament cervical qui part des apophyses épineuses du garrot pour se terminer en arrière de la protubérance occipitale, après avoir pris des points d'implantation sur les vertèbres du cou. Ce ligament, formé d'une corde supérieure très forte et d'une partie membraneuse qui sépare les muscles cervicaux droits de ceux du côté opposé, offre son maximum de développement dans les solipèdes, les ruminants, et particulièrement le dromadaire où il se prolonge en arrière jusqu'à la région lombaire, tandis qu'il manque chez le porc, chez divers animaux à encolure courte, et se trouve réduit chez le chien à l'état d'une petite corde qui s'insère à l'axis sans se continuer jusqu'à la tête. Constitué par du tissu jaune élastique, cet admirable appareil, dont la nature a doté un petit nombre de grands mammifères, dispense les muscles extenseurs de la tête de déployer de grandes forces et de rester en contraction permanente.

Quant aux autres parties du tronc, elles peuvent se maintenir immobiles sans le secours d'efforts bien considérables. La colonne dorso-lombaire conserve sa direction, surtout par le fait des dispositions mécaniques propres aux articulations vertébrales, car il est évident que les muscles extenseurs, l'ilio-spinal, par exemple, ne peuvent s'opposer beaucoup à l'exagération de la concavité supérieure du rachis, puisque c'est ce muscle même qui doit, par son action, porter cette concavité à ses dernières limites. Cependant ce serait une erreur de croire avec Cuvier (1) que les extenseurs de l'épine ne servent en rien à cet usage réservé, d'après lui, aux seuls muscles de l'abdomen. Il me semble que la contraction de l'ilio-spinal, lorsqu'elle est modérée, doit affermir la région dorso-lombaire en rapprochant les vertèbres les unes des autres, sans déterminer, en même temps, cette incurvation qui résulte d'une contraction très étendue. Et ce qui me rend cette idée vraisemblable, c'est que sur le cadavre encore chaud, où l'ilio-spinal est évidemment relâché, on voit la région dorso-lombaire se creuser à la partie moyenne, dès que le corps est suspendu horizontalement par la tête et la croupe.

Le thorax, pour être soutenu entre les membres antérieurs, exige encore de la part des grands dentelés, du sterno-huméral et de quelques autres muscles une contraction permanente; mais il y a là un ensemble de conditions fort complexes qu'il est difficile d'apprécier sans entrer dans de très longs développements.

Ce que je viens de dire de la station s'applique particulièrement aux solipèdes. Les heureuses dispositions de l'appareil locomoteur, qui permettent à ces mammifères de se tenir debout pendant longtemps sans une grande fatigue, ne se retrouvent pas, au même degré, dans tous les animaux. Voici quelques unes de leurs particularités différentielles chez les ruminants.

Au membre antérieur, le coraco-radial, que nous avons vu destiné à empêcher la fermeture de l'angle scapulo-huméral, y est moins fort que pour le cheval; son tendon est étroit dans la coulisse humérale; ses aponévroses superficielles et ses intersections ne sont pas aussi prononcées. Les muscles olécrâniens sont plus minces; l'extenseur antérieur du métacarpe plus faible et plus étroit; le ligament suspenseur du boulet, très large, offre à sa surface et dans son épaisseur des faisceaux musculaires plus nombreux que chez les solipèdes. Aux membres postérieurs, le grand fessier et les ischio-tibiaux affectent des dispositions remarquables sur lesquelles nous reviendrons bientôt. Le fléchisseur du métatarse est divisé en trois faisceaux, mais il n'a plus sa bandelette tendineuse; enfin le fléchisseur des phalanges, quoique un peu plus charnu à son extrémité supérieure que dans le cheval, conserve sa forme funiculaire si bien appropriée au rôle d'une puissance mécanique.

La station quadrupédale, envisagée indépendamment de son mécanisme, offre diverses variétés plus ou moins intéressantes à noter. Celle des solipèdes est suffisamment caractérisée par le fait singulier du repos successif de chacune des extrémités; elle éprouve plusieurs modifications qui tiennent à certaines maladies et à la souffrance du pied, ou d'autres parties des membres. Ainsi lorsqu'une affection quelconque donne lieu à une vive douleur dans les régions inférieures d'un membre, celui-ci reste fléchi en avant de l'autre et n'appuie point, ou n'appuie que très

(1) *Anatomie comparée*, t. II, p. 115.

légèrement sur le sol; les autres ne peuvent se reposer tour à tour comme dans les circonstances ordinaires. Lorsque la respiration est très gênée, dans plusieurs maladies de poitrine, les membres d'un côté s'écartent plus ou moins de ceux du côté opposé; quand l'animal est tourmenté de vives coliques, il rapproche ses membres postérieurs des antérieurs, etc.; mais ces particularités sont bien plus du ressort de la symptomatologie que de celui de la physiologie.

Station bipédale. — La plupart des mammifères ne sont point organisés pour se tenir debout sur deux pieds. Tout dans la disposition de leurs membres indique que l'appui doit se faire à la fois sur les quatre extrémités; leur corps ne peut être amené dans une direction assez verticale; leur bassin est trop étroit, les rayons des membres abdominaux sont trop fléchis les uns sur les autres; leurs pieds, qui s'écartent difficilement, ne leur donnent pas une base de sustentation assez large pour qu'ils puissent prendre ou conserver longtemps l'attitude caractéristique de l'espèce humaine. Quelques uns seulement, les singes, les ours, parviennent à la prendre momentanément; d'autres, tels que l'écureuil, la gerboise, le kanguroo, s'accroupissent et se soutiennent sur leur train postérieur; enfin le chien, le loup et divers carnassiers peuvent s'asseoir sur la croupe et s'y maintenir à l'aide des membres antérieurs appuyés sur le sol.

La station bipède est propre à l'homme et aux oiseaux; elle s'effectue chez ces derniers par un mécanisme spécial, qui seul doit nous arrêter quelques instants.

Le corps de l'oiseau étant plus ou moins oblique, et le centre de gravité placé en avant des articulations coxo-fémorales, il faut, pour que l'équilibre soit possible, ou que le corps se redresse et devienne presque vertical, ainsi que chez les grèbes et les manchots, ou que les pieds se projettent assez en avant de manière à arriver sur la ligne de gravitation. Or chez la plupart des oiseaux le fémur est fortement fléchi sur le bassin, et les tarses très élevés en avant, les doigts très longs et écartés les uns des autres.

De même que dans les mammifères, il y a dans les oiseaux des dispositions mécaniques qui viennent en aide aux puissances musculaires, et rendent la station aussi peu pénible que possible; elles sont relatives aux os et aux muscles eux-mêmes. D'abord le condyle externe du fémur, d'après les observations de M. Duméril (1), porte sur son milieu une arête en avant et en arrière de laquelle se trouve une excavation; le péroné qui sert de point d'appui à ce condyle est uni au fémur par un ligament élastique qui est tiraillé toutes les fois que la jambe est à demi étendue ou à demi fléchie, tandis qu'il cesse de l'être sous l'influence d'une extension ou d'une flexion très prononcée qui ramène la tête du péroné dans l'une des excavations, et l'y maintient par la tension du ligament élastique. C'est à cette espèce de ressort que les oiseaux doivent, en partie du moins, l'aptitude à rester si longtemps debout, même sur un seul pied; mais il est évident qu'elle ne suffit pas à expliquer la persistance de la station, car elle ne paraît s'opposer en rien à la flexion exagérée de la cuisse sur le bassin et du tarse sur la jambe, flexion qui, de toute nécessité, doit être bornée, soit par des ligaments, soit par des muscles.

Dans la station bipédale des oiseaux, la base de sustentation étant très étroite, l'équilibre doit avoir peu de stabilité; aussi, pour que la ligne de gravitation tombe toujours sur cette base, il est indispensable que le tronc conserve une certaine in-

(1) *Anatomie comparée*, de Cuvier, t. II, p. 105.

clinaison relativement aux membres, et que le cou, les ailes, la queue, se maintiennent dans une situation déterminée. Or, on voit, en effet, d'abord que les pattes s'écartent plus ou moins l'une de l'autre, notamment chez les gallinacés, ensuite que le cou se ploie en S, de manière à ramener la tête en arrière. Lorsque l'équilibre est menacé, le corps oscille sur les membres, la queue s'élève et s'abaisse alternativement à la manière d'un balancier ; mais les mouvements de cet appendice ne sont pas destinés, comme le veut Barthez, « à redresser à chaque instant le corps prêt à s'abattre en avant (1), » de même que dans la marche ; ils tiennent à ceux de la partie postérieure du corps, et n'en sont jamais indépendants, à moins qu'ils ne se bornent à un simple déplacement des plumes. L'abaissement et l'agitation des ailes chez les rapaces, alors qu'ils déchirent leur proie, sont évidemment destinés à affermir la station en ramenant à sa direction normale la ligne de gravitation que les efforts de l'animal parviennent à déplacer. On ne saurait cependant attribuer le même usage aux battements des ailes du coq qui chante, car rien ne prouve que le corps éprouve, par le fait de la phonation bruyante, un ébranlement capable de déterminer la chute. Quant aux mouvements irréguliers de ces extrémités et de la queue qui viennent toucher le sol chez les oiseaux dont le cervelet a été lésé, ils ont certainement pour but de donner des points d'appui à l'animal et de lui permettre, par moments, une station moins chancelante que celle qui caractérise les mutilations de l'organe régulateur des mouvements.

Une des variétés les plus intéressantes de la station bipédale est celle de l'oiseau perché sur une branche. Cette attitude, dans laquelle les rayons des membres sont fortement fléchis les uns sur les autres, paraît être moins fatigante que la station ordinaire, puisque ces animaux la prennent pour se reposer et pour dormir. Il est facile de l'expliquer par la disposition des fléchisseurs des phalanges que Borelli (2) a parfaitement décrite et figurée. Ces muscles, passant en arrière de l'articulation tibio-tarsienne, courbent et fléchissent d'autant plus les doigts que les rayons du membre sont plus inclinés les uns sur les autres, ainsi qu'il est facile de s'en convaincre, soit sur l'animal vivant, soit sur le cadavre. Ils sont aidés, en outre, dans cette action mécanique, par cet autre muscle appelé par Cuvier l'*accessoire fémoral*, qui part du bassin, passe dans une coulisse en avant de l'extrémité supérieure du tibia, et le contourne en dehors de la jambe pour rejoindre ses congénères en arrière de l'articulation tibio-tarsienne. Par suite de ces dispositions si remarquables, l'affaissement de l'oiseau sur ses pattes fait fléchir les doigts d'une manière purement mécanique, et leur fait étreindre d'autant plus fortement les branches que les rayons cèdent davantage sous le poids du corps. On conçoit ainsi, très bien, que cette attitude devienne celle du repos, du sommeil, et qu'elle assure à l'animal la stabilité de son équilibre sur un arbre agité par les vents.

Il est certains oiseaux tels que la cigogne, le héron, la grue, dont la station devient momentanément unipédale. Dans ce cas, l'oiseau, appuyé sur une seule patte, tient l'autre relevée et fléchie sous le corps, tout le reste du tronc demeurant immobile ; il conserve ainsi fort longtemps cette singulière attitude qui paraît propre à plusieurs échassiers.

(1) *Nouvelle mécanique des mouvements de l'homme et des animaux*, 1798, p. 144.
(2) *De motu animalium*, pars prima, prop. CXLIX-CL, tab. XI, fig. 6, 7.

II. DU DÉCUBITUS.

On désigne sous ce nom l'attitude des animaux couchés.

Cette attitude que les quadrupèdes prennent pour se reposer et pour dormir n'est pas également fréquente et prolongée dans toutes les espèces. Les carnassiers, le porc, les ruminants, se couchent très souvent, surtout après le repas ; le cheval et les autres solipèdes à de rares intervalles. L'éléphant peut rester debout pendant des mois entiers ; quelques oiseaux, comme l'oie, le canard, la poule, se couchent quelquefois ; mais la plupart des vertébrés de cette classe ont une attitude de repos très différente du décubitus.

Tous les animaux ne se couchent pas de la même manière.

Les grands ruminants qui cherchent à se coucher regardent autour d'eux, comme pour s'assurer du lieu où ils veulent se reposer ; ils baissent la tête et l'encolure, fléchissent successivement les membres antérieurs et se mettent à genou, puis rapprochent les membres postérieurs du centre de gravité en les fléchissant ; après quoi ils s'affaissent sur les membres qui se ploient de plus en plus et tombent doucement sur le sol. Ce coucher s'effectue donc en deux temps bien distincts : l'un, pendant lequel le ruminant appuie ses genoux sur le sol ; l'autre, pendant lequel il s'affaisse sur ses membres préalablement fléchis. Dès que l'animal est à terre, il pousse quelques gémissements, surtout s'il vient de prendre son repas, étend ou rapproche ses membres s'ils ne sont pas dans une position convenable.

Les solipèdes se couchent avec moins de précaution et de régularité que les animaux qui ruminent. Après avoir ramassé les membres antérieurs en arrière et les postérieurs en avant, ils les fléchissent, abaissent le tronc qui ne tarde pas à tomber comme une masse inerte.

La position que prennent les animaux en se couchant est excessivement variée : les modifications qu'elle présente permettent de distinguer trois espèces principales de décubitus, savoir : le décubitus *sternal*, le *sterno-costal* et le *latéral*, comprenant plusieurs variétés.

Le décubitus *sternal* est celui dans lequel le corps repose verticalement sur la partie inférieure du thorax et de l'abdomen, sans être penché ni d'un côté ni de l'autre, les membres étant disposés symétriquement de chaque côté : il appartient au chameau, au dromadaire, et on l'observe quelquefois chez le chien, le lion, la chèvre, le mouflon, etc.

La première variété de ce décubitus est parfaitement caractérisée chez le dromadaire. Dans cette attitude, la partie inférieure du sternum qui porte une callosité, est en contact avec le sol, les deux membres antérieurs sont repliés en arrière, un de chaque côté de la poitrine, pour élargir la base de sustentation ; les membres postérieurs sont fléchis en avant, de telle sorte que le jarret, la face postérieure du canon et de la région digitée touchent le sol ; le grasset venant aussi, par sa callosité, prendre un point d'appui à terre. Cette position des membres est très remarquable, surtout dans les postérieurs, où la jambe vient se mettre en rapport avec le canon et la région digitée ; elle tient, en ce qui concerne ceux-ci, au mouvement qui se produit entre l'astragale et le calcanéum, mouvement très étendu qu'on ne voit pas là s'effectuer chez les animaux solipèdes.

La chèvre et le mouflon prennent quelquefois une attitude tout à fait semblable à celle que je viens d'indiquer.

Une seconde variété du décubitus sternal s'observe souvent chez les carnassiers, le lion et le chien, par exemple. Dans celle-ci, le corps repose horizontalement sur le sternum et la partie inférieure de l'abdomen; les membres postérieurs sont fléchis, un de chaque côté de la croupe; les membres antérieurs, au contraire, sont portés en avant et étendus parallèlement l'un à l'autre, s'appuyant à terre par leur face postérieure. Le cou est étendu et la tête relevée comme lors de la station. C'est l'attitude du sphinx et celle que les statuaires donnent habituellement au lion couché.

Une troisième variété de l'espèce dont nous parlons, nous est offerte par l'ours. Cet animal se couche à plat ventre : les membres sont étendus et rapprochés; les postérieurs étendus aussi, mais très écartés l'un de l'autre. La face palmaire ou plantaire des pieds de devant regarde en dedans, et celle des pieds de derrière en dehors.

Le décubitus *sterno-costal* est une seconde espèce dans laquelle le corps repose aussi sur le sternum et l'abdomen, mais penché d'un côté et appuyé, ainsi en partie, sur l'une des faces de la poitrine. Les membres n'y sont pas disposés symétriquement de chaque côté du tronc, comme dans l'espèce précédente. Ses variétés sont fort nombreuses : la plus commune est ordinaire aux animaux ruminants. Voici ses caractères :

Le corps est penché et l'encolure est déjetée du côté opposé à celui sur lequel l'animal repose ; les membres antérieurs sont fléchis en arrière, l'un engagé sous la poitrine, l'autre plus ou moins apparent, et placé de telle sorte que les talons viennent se mettre en contact avec le coude; enfin, les membres postérieurs sont fléchis en avant, l'un à peu près complétement caché sous le ventre, si ce n'est à la pointe du pied, l'autre libre, plus ou moins rapproché des parois abdominales et habituellement plus projeté en avant que le premier. La flexion des membres thoraciques y a cela de particulier, que le métacarpe et le pied passent en dedans de l'avant-bras, ce qui est le contraire dans le cheval ; quelquefois le canon et le pied restent appliqués à la face postérieure de l'avant-bras, ainsi qu'on le voit chez le buffle; souvent l'un de ces deux membres est porté en avant et étendu comme on l'observe chez les cerfs notamment. Les membres postérieurs sont inégalement projetés en avant et éloignés du corps ; l'un d'eux, tout à fait dégagé, dépasse habituellement l'autre et arrive parfois jusqu'au niveau du coude. Quant à la tête, elle est presque toujours relevée et inclinée du côté opposé à celui sur lequel l'animal repose ; quelquefois elle est appuyée sur le sol par les ganaches et l'extrémité de la mâchoire inférieure ; enfin, elle peut être par moments appuyée sur le flanc ou sur le jarret, par suite d'une flexion latérale de l'encolure portée à ses dernières limites : c'est ce qui arrive souvent au bœuf, au buffle et aux cerfs, quand ils cessent de ruminer et paraissent vouloir dormir ; mais ils ne peuvent conserver longtemps cette position.

Le décubitus sterno-costal est aussi habituel aux animaux solipèdes, du moins dans la plupart des cas. Bien qu'il ressemble beaucoup à celui des ruminants, il en diffère par la situation des extrémités. Si l'animal est couché à droite, le membre

antérieur de ce côté est engagé sous la poitrine, et le pied vient à la face interne du coude gauche; le membre antérieur, également ployé, mais tout à fait libre, amène son pied tout près du coude. Les deux genoux laissent entre eux un écartement d'au moins 30 centimètres. Les membres postérieurs sont reployés sous le corps et les pieds portés en avant, le gauche très éloigné du flanc; le jarret se trouve au niveau de la fesse et le sabot à celui de la pointe du calcanéum. L'encolure est relevée et la tête maintenue, comme dans le bœuf. Ce mode de décubitus est plus ordinaire que le suivant aux solipèdes en bonne santé et peu fatigués.

Le *décubitus latéral* est celui dans lequel le corps repose tout à fait sur un côté de la poitrine, du ventre et de la croupe, l'encolure et le tronc appuyés sur le sol. Il s'observe chez le cheval, le porc, le chien, le chat, beaucoup de carnassiers, et ne se montre que très rarement chez les ruminants, si ce n'est dans les maladies graves où il est de mauvais augure.

Le cheval, couché de cette manière, a les membres étendus ou très légèrement fléchis, le cou et la tête en contact avec le sol. Le lion et le chat prennent souvent une position tout à fait semblable.

On peut regarder comme une variété du décubitus latéral celui du chat et du chien lorsqu'ils se ploient en cercle pour dormir. Alors ils fléchissent le cou, ramènent la tête sur le ventre après avoir fortement courbé la colonne vertébrale, et ploient leurs membres vers le corps.

On conçoit que le décubitus latéral, exigeant peu ou point d'efforts musculaires, puisque toutes les parties reposent sur le sol, soit préféré par les animaux très fatigués ou malades.

Quant au décubitus dorsal, il est presque exclusif à l'homme, à cause de l'aplatissement de la poitrine et de la largeur du dos et des reins; il n'est pas possible à la plupart des animaux, par suite de l'étroitesse de la région dorsale souvent disposée en cercle, de la forme de la poitrine, de la minceur du cou, et de l'impossibilité dans laquelle sont les membres de venir, en s'écartant, reposer sur le sol, pour élargir la base de sustentation et abaisser le centre de gravité. Cependant on voit l'ours prendre quelquefois cette attitude, mais c'est momentanément, pour recevoir les friandises qu'on lui jette, et non pas pour se reposer ou dormir.

Telles sont les différentes sortes de décubitus propres aux animaux; il en est quelques unes encore sur lesquelles il est inutile de s'arrêter, et qui tiennent en quelque sorte le milieu entre le coucher et la station, comme, par exemple, la position du chien et du loup assis sur la croupe, la tête et la poitrine relevés et soutenus par les membres antérieurs tout à fait redressés.

La manière dont les grands animaux se relèvent offre plusieurs particularités intéressantes à noter.

Les solipèdes qui ont les membres antérieurs repliés, les étendent et les portent en avant, d'abord celui qui est libre, puis celui qui se trouve engagé sous la poitrine. Après ce premier temps de préparation, les animaux font un effort violent, redressent les membres thoraciques qui soulèvent brusquement le train antérieur: c'est là le second temps pendant lequel ils sont dans l'attitude du chien assis sur la croupe. Enfin, dans un troisième temps, les membres abdominaux, par une vigoureuse détente, soulèvent le train postérieur et achèvent l'opération.

Les ruminants se relèvent suivant un mode tout opposé au précédent. L'animal, penché sur un côté, débute par un effort qui déjette le corps vers le côté opposé pour le ramener dans une situation aussi peu inclinée que possible ; puis les membres postérieurs, par une détente, soulèvent le train de derrière et le corps sur les extrémités antérieures agenouillées, et alors celles-ci se redressent l'une après l'autre. Il y a donc dans cet acte, chez les ruminants, deux temps bien distincts, indépendamment de celui de préparation : l'un pendant lequel le train postérieur se relève, les genoux reposant sur le sol ; l'autre pendant lequel les deux membres antérieurs se redressent à leur tour et successivement ; c'est, comme on le voit, précisément l'inverse de ce qui s'observe chez les solipèdes.

Le mécanisme du décubitus est nécessairement très simple dans la plupart des circonstances. Néanmoins cette attitude, bien qu'elle soit destinée au repos et au sommeil, n'est pas toujours entièrement passive : les modes que nous avons appelés *sternal*, *sterno-costal*, exigent, de même que la station, des efforts musculaires pour soutenir la tête, élever l'encolure et la maintenir tordue, et d'autres efforts pour empêcher que le corps déjà penché ne tombe entièrement sur un côté. Les principaux sont ceux des muscles destinés à relever l'encolure et à soutenir la tête, mais ils sont puissamment aidés, chez les solipèdes et les ruminants, par l'action du ligament cervical. Les extenseurs, du côté opposé à celui sur lequel le corps est penché, étant obligés à incliner le cou, sont évidemment plus fatigués que leurs congénères du côté opposé, surtout lorsque, par moments, la tête vient s'appuyer sur le flanc ou le jarret de l'animal.

Dans le décubitus latéral, il n'y a pas, pour ainsi dire, d'efforts à faire, toutes les parties sont abandonnées à leur propre pesanteur et reposent sur le sol.

La durée du décubitus et les divers caractères de cette attitude ont une signification physiologique ou pathologique qui mérite une certaine attention. L'habitude que les animaux contractent de se coucher d'un côté plutôt que d'un autre ne paraît pas avoir l'influence qu'on lui attribue chez l'homme : les carnassiers, les solipèdes, se couchent indifféremment à droite ou à gauche ; les ruminants eux-mêmes n'ont rien de particulier à cet égard. C'est bien à tort que Buffon a prétendu que le bœuf se couche ordinairement sur le côté gauche, et que le rein de ce côté est plus lourd et plus chargé de graisse que l'autre ; cet animal, comme tous ceux de son ordre, le dromadaire et le chameau exceptés, s'appuie tantôt sur le côté droit, tantôt sur le gauche. Il est facile de voir dans une prairie ou dans une étable qu'une partie des animaux se regardent, tandis qu'une autre partie se tournent le dos, et que le même individu ne se couche point constamment du même côté, à moins que l'étroitesse de sa stalle, la gêne qu'il éprouve, ne le réduisent à cette nécessité.

CHAPITRE XIII.

DES MOUVEMENTS SUR PLACE.

On désigne sous cette dénomination certains mouvements que l'animal effectue sans qu'il y ait translation du corps d'un lieu dans un autre, et même sans que

l'appui cesse de se faire à la place qu'occupaient, soit les membres antérieurs, soit les postérieurs. La ruade et le cabrer se trouvent dans cette catégorie.

I. DU CABRER.

On appelle ainsi l'acte par lequel le corps des quadrupèdes s'élève et se maintient debout sur les membres postérieurs.

Le cabrer comprend deux choses essentiellement distinctes, savoir : le mouvement qui fait élever le corps sur le train de derrière, et l'attitude qui est le résultat plus ou moins prolongé de ce mouvement.

C'est une action difficile à produire : 1° à cause de la difficulté qu'éprouve le train de devant à opérer une violente détente analogue à celle des membres postérieurs dans le saut et la ruade ; 2° à cause de l'éloignement considérable qui existe entre le centre de gravité et la ligne d'appui des membres postérieurs sur laquelle ce centre doit être amené. Elle ne peut durer longtemps, par suite de l'intensité des efforts musculaires qu'elle nécessite, de l'étroitesse de la base de sustentation et de l'impossibilité à peu près complète du corps à prendre une direction verticale. Dès l'instant que le centre de gravité passe toujours, soit en avant, soit très près de la limite antérieure du point d'appui, le corps tend à retomber sur les membres thoraciques, et il y revient en effet aussitôt que les efforts musculaires sont impuissants à contre-balancer cette tendance. Si, par moments, il arrive sur la base de sustentation, le moindre effort peut déterminer en arrière une chute de l'animal.

On doit distinguer dans le cabrer deux temps successifs : l'un pendant lequel l'animal relève l'encolure ainsi que la tête et fléchit légèrement les membres antérieurs ; l'autre, de projection, dans lequel les membres thoraciques, par une brusque et énergique détente, soulèvent la partie antérieure du tronc ; enfin, on peut même en reconnaître un troisième, suivant immédiatement la projection opérée par le bipède antérieur, et pendant lequel diverses puissances musculaires élèvent progressivement la masse du tronc sur le train de derrière, pour la mettre en équilibre sur la base de sustentation. Le mécanisme de cet acte a été exposé, avec une lucidité remarquable par M. Lecoq (1), qui a surtout exactement précisé le rôle des agents chargés d'aider l'impulsion des extrémités antérieures.

La projection du corps en haut et en arrière effectuée par la détente des membres antérieurs préalablement un peu fléchis, constitue l'élément initial de l'action du cabrer. Elle résulte, en grande partie, de la contraction brusque des muscles qui redressent, d'une part, l'articulation métacarpo-phalangienne ; d'autre part, l'articulation scapulo-humérale, muscles qui sont, pour la première, les fléchisseurs de la région digitée ; pour la seconde, le coraco-radial et le sus-épineux.

Les fléchisseurs des phalanges, en se contractant, lorsque le pied est encore à l'appui, agissent énergiquement sur le sommet de l'angle du boulet qu'ils tendent à redresser. La force qu'ils développent alors se décompose en deux parties : l'une qui pousse le pied contre le sol et qui reste sans résultat utile ; l'autre qui élève les parties supérieures du membre et, avec elles, les régions antérieures du corps. Cette action, comparable à la détente d'un arc dont une extrémité reposerait sur un plan résis-

(1) *Traité de l'extérieur du cheval*, 2e édit., p. 374.

tant, projette le corps en haut et détache du sol les extrémités antérieures qui, alors, décrivent une courbe à concavité postérieure. Les fléchisseurs produisent ce résultat en agissant sur un levier du deuxième genre dont l'appui est au sol, la résistance à l'articulation qui doit être étendue, et la puissance appliquée en arrière des grands sésamoïdes. Celle-ci a donc pour bras de levier toute la longueur de la région digitée, et ce n'était certainement pas trop pour le déploiement d'une force qui devait rejeter toute la masse du tronc sur les membres abdominaux.

L'un des deux fléchisseurs du pied, l'épitrochlo-phalangien, a en outre, pour résultat de sa contraction, de contribuer à étendre l'humérus sur le radius, et de devenir ainsi l'auxiliaire des autres puissances que j'ai indiquées.

Le coraco-radial et le sus-épineux ont un rôle moins essentiel que les précédents. Le premier produit, par sa contraction, le redressement de l'angle scapulo-huméral et l'extension du bras, à la condition que le radius sera fixé par les gros muscles olécrâniens. Le second étend le bras sur l'épaule et celle-ci sur l'humérus : l'effet produit à l'une de ses extrémités contribue aussi bien à la détente que celui de son extrémité opposée.

Quant aux autres muscles du membre thoracique, ils ne paraissent pas contribuer pour beaucoup au développement de l'impulsion qui élève le corps. En effet, les muscles radiaux antérieurs agissent sur un rayon qui est à la limite de son extension ou à peu près ; les radiaux postérieurs, s'ils se contractaient, ne feraient autre chose que de déterminer une flexion du métacarpe préjudiciable à la détente ; enfin, les muscles olécrâniens ne peuvent être ici d'un grand secours, puisque l'avant-bras est déjà fortement étendu sur le bras. L'impulsion est donc produite essentiellement par les fléchisseurs des phalanges, et secondairement par le coraco-radial et le sus-épineux. Elle dérive sans doute de la contraction simultanée de tous ces muscles; mais si celle-ci pouvait s'opérer isolément dans chacune des deux séries, il ne serait pas invraisemblable de croire que l'action du sus-épineux et du coraco-radial précède celle des autres muscles, attendu que la première, en redressant l'humérus, tend à pousser en bas l'extrémité inférieure de cet os avec le reste du membre, et ce mouvement opposé à la projection s'effectuerait, jusqu'à un certain point, si l'extrémité n'était plus à l'appui.

Bien que les rayons osseux des membres thoraciques soient moins favorablement disposés que ceux des extrémités postérieures pour opérer une énergique détente, celle qu'ils produisent suffit à soulever le corps, et y suffit lors même qu'elle ne dérive que d'un seul membre, puisque l'animal se cabre encore quand on lui tient en l'air celui du côté opposé. Elle est, du reste, plus que suffisante pour amener ce résultat, car le cheval parvient à se cabrer, même lorsqu'un homme exerce sur la tête de l'animal une forte traction qui acquiert une énorme intensité à l'extrémité du long bras de levier représenté par la tête et l'encolure.

Néanmoins, cette impulsion, si vive et si énergique qu'elle soit, ne saurait, à elle seule, achever le cabrer ; il faut qu'elle soit continuée par divers muscles qui, prenant leur appui sur les membres postérieurs, viennent agir sur le bassin et la colonne vertébrale. Ces muscles sont principalement les ischio-tibiaux, le grand fessier et l'ilio-spinal.

Mais pour que ces puissances transmettent leur action aux parties antérieures du

corps qui doivent être élevées, il est indispensable que la région dorso-lombaire acquière, lors de la contraction du grand fessier et des ischio-tibiaux, une rigidité qui lui permette de se mouvoir en totalité. Or, le muscle préposé à cet office est l'ilio-spinal. Étendu depuis le bassin jusqu'à la base de l'encolure, fixé à toutes les vertèbres du dos et des lombes, à leurs apophyses épineuses, à leurs apophyses transverses et autour des articulations vertébro-costales, il a évidemment pour premier résultat de sa contraction, d'affermir la tige vertébrale et de prévenir sa flexion et ses déviations latérales. Peut-être a-t-il encore d'autres usages que nous rechercherons tout à l'heure.

Les ischio-tibiaux, c'est-à-dire le long vaste, le demi-tendineux et le demi-membraneux, agissent sur un levier du premier genre, représenté par le bassin et la colonne vertébrale. La puissance est à la tubérosité ischiale, le point d'appui à l'articulation coxo-fémorale, et la résistance dans toutes les parties antérieures du corps. Le bras de la puissance s'étend donc de la tubérosité de l'ischion au centre de l'articulation coxo-fémorale, sur laquelle le tronc doit s'élever en basculant d'avant en arrière, et celui de la résistance est mesuré par la distance qui sépare cette même articulation du centre de gravité. On conçoit, dès lors, que plus le corps sera long, plus le bras de levier de la résistance sera étendu, et que plus celui-ci sera étendu, plus, par conséquent, le centre de gravité sera difficile à élever et à amener sur la base de sustentation des extrémités postérieures.

Les ischio-tibiaux, le long vaste notamment, agissent encore sur le sacrum par leur prolongement pyramidal, mais cette partie de leur action est accessoire, par suite du peu de fixité de la région sacrée.

Le grand fessier est une autre puissance qui agit en même temps que les muscles précédents, avec cette différence que son action s'exerce sur un levier du troisième genre. Le centre du mouvement est toujours à l'articulation coxo-fémorale, et la résistance dans les parties antérieures du corps à soulever, mais la puissance est appliquée dans un point intermédiaire, c'est-à-dire à la partie antérieure de l'iléon et jusqu'à l'extrémité du prolongement pyramidal du muscle; son bras de levier est donc plus étendu que celui des muscles ischio-tibiaux.

Quant à la part que l'ilio-spinal peut prendre à l'élévation du corps sur les membres postérieurs, elle n'est pas facile à déterminer, attendu que toutes les attaches du muscle, même les plus reculées, s'effectuent en avant du centre de mouvement, c'est-à-dire sur des parties qui doivent être mues et élevées au-dessus des articulations coxo-fémorales. Par suite de cette disposition, le muscle, en se contractant, tend à rapprocher son extrémité cervicale de son extrémité pelvienne; la force qu'il déploie se décompose en deux parties, l'une qui tend à élever la partie antérieure du corps, l'autre qui au contraire tend à abaisser le bord antérieur de l'iléon, et par conséquent à faire basculer le coxal, précisément en sens inverse du mouvement qu'il doit éprouver. Or, il semble que si l'ilio-spinal intervient dans l'élévation du corps, il ne le fait qu'autant que la moitié de la force, résultant de sa contraction, est contre-balancée par les ischio-tibiaux et le grand fessier qui s'opposent à ce que la partie antérieure du bassin soit abaissée. De plus, comme cette partie antérieure doit s'élever très sensiblement, il faut qu'à tous les degrés de son élévation les muscles précités maintiennent le bassin au point où il est parvenu, afin que

l'ilio-spinal y trouve toujours un point d'appui. La force de ce dernier n'aurait donc d'effet utile qu'en faisant perdre aux ischio-tibiaux et au grand fessier une partie considérable de la leur; ce serait un effet obtenu aux dépens de l'action des puissances essentielles du cabrer. Néanmoins il ne serait pas impossible qu'une telle combinaison eût un avantage réel dérivant des conditions dynamiques du levier mis en mouvement par les diverses puissances précédemment indiquées.

Quoi qu'il puisse être de cette action de l'ilio-spinal, si peu accessible à l'analyse, les ischio-tibiaux et le grand fessier ne peuvent faire basculer le coxal sur la tête du fémur, élever la partie antérieure de la croupe et continuer le redressement du train antérieur commencé par la détente des membres thoraciques, qu'autant qu'ils trouvent un appui solide dans les rayons des membres abdominaux, dont les muscles doivent se contracter très énergiquement et surtout pour empêcher ceux-ci de s'affaisser sous le poids du centre de gravité. Sans cette fixité des rayons, les ischio-tibiaux et le grand fessier ne pourraient déployer toute la puissance qui doit, à elle seule, maintenir le corps sur le bipède postérieur, soit que l'animal conserve la même place, soit qu'il fasse quelques pas en avant. C'est cette dernière qui fait éprouver au train antérieur ces oscillations si remarquables, c'est-à-dire ces élévations et ces abaissements successifs, pendant lesquels les membres antérieurs sont projetés, à plusieurs reprises, en avant comme les bras d'un homme qui gesticule.

Le cabrer ne s'exécute pas avec une égale facilité chez tous les animaux. Parmi les grands quadrupèdes, le cheval est peut-être celui où il se produit le plus souvent et avec le moins de peine, lors même que l'animal est chargé du poids du cavalier, et quelquefois encore dans les circonstances où l'on cherche à empêcher la tête de se relever, ou à lever un pied. Ce mouvement s'accomplit pendant l'allure du pas ou du trot avec une grande aisance, et elle donne à ces allures une grâce qui est quelquefois recherchée dans ce qu'on appelle les *airs de manége*. Les animaux de petite taille, la chèvre, le chien, l'ours, se cabrent encore plus aisément que les solipèdes. Le bœuf, qui a la région dorso-lombaire si longue, les reins si faibles et le train antérieur si lourd, ne peut se cabrer sans grande difficulté. Néanmoins tous les animaux, si pesants qu'ils soient, sont obligés de se cabrer pour l'accouplement; mais alors il n'est pas nécessaire, d'une part, que la détente du bipède antérieur amène le corps en équilibre sur le train de derrière, et, d'autre part, qu'il s'opère de grands efforts pour maintenir le corps, dès l'instant que la poitrine du mâle vient prendre un point d'appui sur la croupe de la femelle : ce n'est donc là qu'un cabrer incomplet, fort éloigné du cabrer si remarquable du cheval.

II. DE LA RUADE.

Sous ce nom, on désigne l'action par laquelle l'animal projette brusquement la partie postérieure de son corps en l'air par une subite détente des membres abdominaux.

Cette action qui, plus restreinte, constitue l'un des éléments du saut, se produit de la manière suivante. L'animal qui veut ruer fléchit l'encolure, abaisse la tête et amène ainsi une plus grande partie du poids du corps sur les membres antérieurs. Puis, à la suite de cette préparation, les membres abdominaux étendant brusque-

ment leurs rayons, lèvent la croupe en haut, et projettent les pieds postérieurs bien en arrière de la ligne sur laquelle ils se trouvaient précédemment.

Les agents qui concourent à l'accomplissement de cet acte sont fort nombreux. En première ligne se trouvent les fléchisseurs des phalanges, l'extenseur du métatarse, les muscles rotuliens et le grand fessier ; en second lieu, les ischio-tibiaux et l'ilio-spinal. Les uns sont plus spécialement chargés d'opérer la détente qui élève la croupe ; les autres de projeter plus ou moins en arrière les membres postérieurs ; il faut examiner successivement le rôle de chacun d'eux en particulier, et déterminer l'ordre suivant lequel ils agissent.

Le premier élément de la ruade consiste en une détente plus ou moins rapide et plus ou moins énergique des membres postérieurs, détente effectuée non seulement par la contraction des extenseurs des divers rayons, mais encore par celle des fléchisseurs de la région digitée.

Les rayons des membres postérieurs formant des angles qui doivent être redressés, simultanément ou successivement, pour effectuer la projection du corps en haut, sont parfaitement disposés, à cause du degré de leur inclinaison réciproque, pour permettre un mouvement très étendu. Le premier des angles, à partir du pied, c'est-à-dire l'angle métatarso-phalangien, est redressé par les fléchisseurs de la région digitée ; le second, ou le tibio-tarsien, l'est par le bifémoro-calcanéen et par les muscles précédents ; le troisième ou le fémoro-tibial, par les muscles rotuliens ; enfin le quatrième, ou le coxo-fémoral, par le grand et le moyen fessier. Chacun d'eux l'est dans une certaine mesure, et tous le sont au moment même où le pied appuie sur le sol.

L'effacement de l'angle du boulet résulte de la contraction des trois fléchisseurs des phalanges qui agissent sur un levier du deuxième genre dont l'appui est au sol, la puissance appliquée à la face postérieure des sésamoïdes, et la résistance au centre de l'articulation métatarso-phalangienne sur laquelle pèse une partie du poids du corps. Il a lieu de la même manière que dans le membre antérieur, lors de la détente qui contribue à la production du cabrer. Son mécanisme a cela de très remarquable, que les mêmes muscles qui fléchissent la région digitée sur le métatarse, lorsque le pied se lève ou lorsqu'il est en l'air, étendent cette région quand le pied est à l'appui, et en agissant précisément sur le levier éminemment favorable à la puissance.

Le redressement de l'angle du jarret prend une grande part à l'impulsion du train postérieur, il est opéré directement par le bifémoro-calcanéen, et indirectement par le fléchisseur superficiel et le fléchisseur profond des phalanges qui, tous les deux, passant en arrière du tarse, l'un au sommet du calcanéum, l'autre dans l'arcade tarsienne, ne peuvent, par conséquent, relever le boulet sans contribuer à ouvrir l'angle tibio-tarsien. L'extenseur du métatarse et le fléchisseur superficiel des phalanges agissent encore ici sur le levier du deuxième genre, la puissance étant au sommet du calcanéum, la résistance à l'articulation et le point d'appui au sol. C'est encore là une particularité intéressante que les fléchisseurs du pied deviennent les auxiliaires de l'extenseur du jarret.

L'extension de la jambe sur la cuisse et de la cuisse sur le bassin, ou, en d'autres termes, l'ouverture des angles du grasset et de la hanche, contribue ainsi,

pour beaucoup, à la détente. Cette extension est opérée, à la jambe par les muscles rotuliens, et à la cuisse par le grand fessier : elle est extrêmement importante, non seulement parce qu'elle prend une part active à la projection du train de derrière, mais encore parce qu'elle fixe l'origine des fléchisseurs des phalanges et de l'extenseur du métatarse, qui ne pourraient produire leur effet si leurs attaches supérieures cédaient, même dans une faible mesure, à la force de contraction qui tend à rapprocher l'une de l'autre les extrémités opposées de ces muscles.

Ainsi, l'ouverture ou l'effacement plus ou moins complet des angles formés par les divers rayons des membres abdominaux résulte donc de l'action combinée d'un grand nombre de muscles, parmi lesquels se trouvent des fléchisseurs et non pas seulement des extenseurs, comme on le dit généralement. Tous agissent pour opérer la détente alors que le pied est encore appuyé sur le sol, et la plupart d'entre eux meuvent des leviers du deuxième genre, qui donnent à la puissance un immense avantage. Mais dès l'instant que le pied quitte le sol, tous ces leviers des extenseurs se transforment en leviers du premier genre à bras inégaux, très avantageux sous le rapport de la vitesse. Par cette admirable substitution, que l'art ne parvient pas à imiter dans la construction de nos machines, les puissances musculaires sont très favorisées au moment de leur action, pendant lequel elles doivent produire un effet considérable, tandis qu'au moment suivant elles le sont beaucoup moins pour permettre à la vitesse d'atteindre ses dernières limites. Ce double résultat est ici obtenu de la manière la plus complète, puisque les muscles des membres postérieurs agissent sur le levier éminemment favorable à la puissance, alors qu'il faut développer l'impulsion de la détente, et sur un levier d'un autre genre à bras inégaux très avantageux pour la vitesse, dès l'instant qu'il ne reste plus qu'à lancer les pieds en arrière avec une grande rapidité.

Une seconde série de muscles viennent concourir à la ruade, mais à un autre titre que les muscles essentiellement destinés à effectuer la détente : ce sont les ischio-tibiaux et l'ilio-spinal.

Les ischio-tibiaux, que l'on considère, avec raison, comme des agents très essentiels au mouvement dont nous parlons, ne peuvent agir au même instant que les autres, car leur point fixe étant au bassin, ils tendent à déterminer une flexion de la jambe sur la cuisse incompatible avec le redressement de l'angle fémoro-tibial. En effet, comme il faut, pour développer l'impulsion, que la jambe soit étendue par les muscles rotuliens, il est de toute évidence que les ischio-tibiaux, qui sont des fléchisseurs de cette région, doivent être relâchés alors que les extenseurs sont en contraction. Par conséquent, l'action du long vaste, du demi-tendineux et du demi-membraneux, doit succéder à celle des muscles rotuliens, et commencer seulement quand le pied vient à quitter le sol : l'analyse indique la réalité de cette succession, quelque rapide que puisse être le mouvement de la ruade ; de plus, elle fait voir que ces muscles ischio-tibiaux, en agissant dans de telles circonstances et sur un levier du troisième genre très favorable à la vitesse, restent étrangers à la détente qui projette en haut le train postérieur, et contribuent seulement à lancer en arrière et à soulever les rayons inférieurs des membres abdominaux.

Enfin, l'ilio-spinal vient prendre une part considérable à l'élévation du train de derrière. La fixité de ses attaches antérieures, augmentée par l'abaissement de la

tête, la flexion de l'encolure et les efforts développés dans les muscles qui attachent le thorax aux membres antérieurs, lui permet d'agir puissamment sur la croupe pour continuer le mouvement commencé par les muscles précédemment énumérés.

Il ressort donc de l'exposé qui précède, qu'il y a dans la ruade plusieurs actions distinctes et successives, l'une qui projette en haut la partie postérieure du corps, l'autre qui soulève et lance en arrière les parties inférieures des membres abdominaux : la première résultant du redressement des rayons et de l'effacement des angles articulaires par la contraction des extenseurs et celle de certains fléchisseurs, au moment de l'appui du pied sur le sol ; la seconde dérivant à la fois, et de la contraction des ischio-tibiaux, qui a commencé dès que le pied a quitté l'appui, et de celle des extenseurs du métatarse, du fléchisseur des phalanges, qui s'est continuée jusqu'à ses dernières limites. Ces deux actions, par la rapidité avec laquelle elles se succèdent dans un mouvement aussi instantané que la ruade, ne peuvent s'isoler que rationnellement par les différences essentielles qui existent entre elles, sous le rapport de leurs agents et de leur mécanisme.

La ruade s'effectue plus ou moins facilement suivant les animaux. Elle s'opère avec une aisance remarquable chez les solipèdes, notamment chez l'âne et le mulet. Elle y est toujours précédée d'un temps de préparation, pendant lequel l'animal abaisse fortement la tête. Sans cet acte préliminaire, la ruade devient tellement difficile, qu'il suffit ordinairement de maintenir la tête relevée pour mettre l'individu le plus vigoureux dans l'impossibilité de ruer.

Les grands ruminants nous offrent une variété de ruade dans laquelle l'un des deux membres est projeté isolément en dehors et en avant, ou en dehors et en arrière. La disposition de la tête du fémur, dont la surface articulaire très étendue se prolonge jusqu'à la base du trochanter, et l'absence du ligament pubio-fémoral, sont les deux conditions qui expliquent la possibilité de cette sorte de ruade unipédale qui tient en grande partie à l'action du long vaste. Ce muscle forme, comme on le sait, chez les ruminants, une vaste expansion qui descend de l'épine sus-sacrée, recouvre une grande partie de la croupe, et arrive à la face externe de la cuisse et de la jambe jusque sur l'extenseur du métatarse.

La ruade est un moyen de défense que la nature a donné à certains animaux et dont ils se servent instinctivement, soit qu'ils aient à repousser les attaques de leurs ennemis, soit qu'ils aient à résister aux mauvais traitements que l'homme leur fait subir. Les jeunes solipèdes, les poulains par exemple, suivant la remarque de Galien (1), ruent de très bonne heure, alors que la corne de leurs sabots est encore extrêmement molle. Les animaux vifs, et ceux qui sont méchants, le mulet, l'hémione, ruent aussi très souvent, mais les mouvements qu'ils exécutent et la position que prennent leurs oreilles trahissent leurs intentions hostiles.

(1) *Œuvres philosophiques et médicales* (*De l'utilité des parties*, trad. par M. Daremberg. t. I, p. 115).

CHAPITRE XIV.

DES MOUVEMENTS PROGRESSIFS EN GÉNÉRAL.

Les mouvements progressifs, qui comprennent tous les actes par lesquels les animaux se transportent d'un lieu dans un autre, soit à la surface du sol, soit au milieu des eaux ou au sein de l'atmosphère, sont extrêmement variés par leurs caractères et leur mécanisme. Il convient d'examiner d'abord ce qu'ils ont de commun entre eux avant de les étudier chacun en particulier : une étude préliminaire du jeu des extrémités, du développement de l'impulsion, des causes qui affaiblissent les réactions, des déplacements du centre de gravité, est indispensable à l'intelligence de ce qu'on appelle les allures dans la progression à la surface du sol.

I. DU JEU DES MEMBRES.

Dans les mouvements de progression, les membres, pour donner l'impulsion au corps et le soutenir à mesure qu'il se déplace, agissent tour à tour suivant un ordre déterminé et se trouvent alternativement en l'air et à l'appui. Leur jeu se compose de deux actions : l'une par laquelle ils quittent le sol, se portent en avant et arrivent à leur maximum d'élévation ; l'autre par laquelle ils s'étendent et reviennent à l'appui : chacune d'elles s'effectue par un mécanisme uniforme dont l'exposé sommaire va faire le sujet de ce paragraphe.

1° Le membre antérieur quitte le sol et arrive à son maximum d'élévation. — Cette action totale résulte des mouvements partiels opérés dans tous les rayons des membres, depuis l'épaule jusqu'à la dernière phalange, mouvements d'autant plus étendus qu'ils s'effectuent dans des rayons plus longs et plus inférieurs. Elle a pour résultat de faire éprouver au membre thoracique tout entier un déplacement comparable à celui d'une branche de compas qui s'écarte de l'autre demeurée immobile.

Par sa projection en avant et par son élévation, le membre thoracique décrit à son extrémité inférieure un arc de cercle dont le centre est à la partie supérieure de l'épaule, bien que ce premier rayon ne soit pas immobile. En même temps il se courbe : l'avant-bras devient très oblique, le métacarpe et la région digitée se fléchissent ; enfin le pied se porte bien en avant de celui qui reste à l'appui.

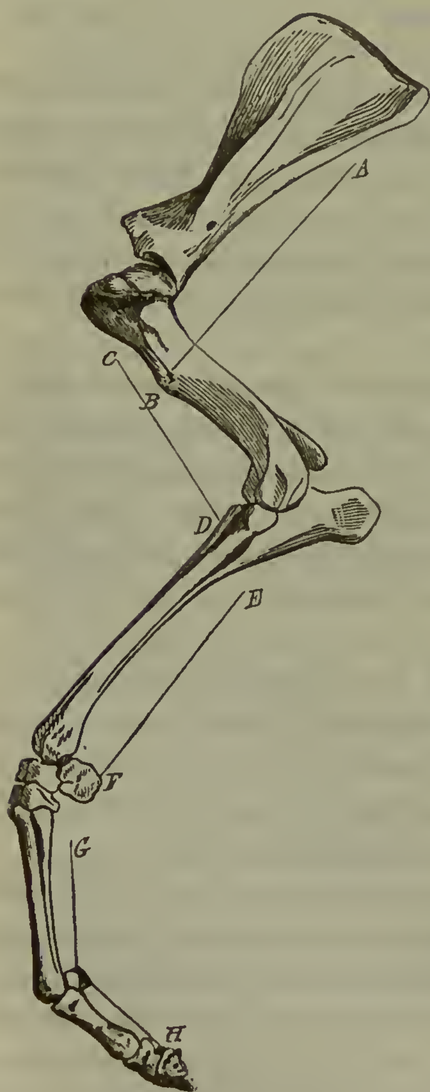
L'épaule, dans le mouvement dont nous parlons, se déplace très peu ; elle bascule comme sur un axe qui traverserait sa partie moyenne, à peu près de la même manière que la palette d'un moulin à vent, lorsqu'elle se met en mouvement. Son extrémité inférieure se porte d'arrière en avant et de bas en haut, tandis que son extrémité supérieure se porte dans une direction précisément inverse : ce déplacement est produit par le mastoïdo-huméral qui agit sur l'extrémité articulaire du scapulum. La supérieure ne peut que suivre l'impulsion communiquée à l'autre ; elle ne saurait être abaissée par le trapèze dorsal, qui, chez quelques animaux, paraît de prime abord disposé pour cet usage.

L'angle scapulo-huméral est porté en avant et élevé par le mastoïdo-huméral, qui

est l'une des grandes puissances destinées à imprimer au membre des mouvements de totalité. Ce muscle saisit cet angle et l'extrémité supérieure de l'humérus à la manière d'une large main agissant sur un levier brisé du troisième genre, dont le centre de mouvement est l'extrémité supérieure du membre, et la résistance dans les rayons inférieurs. Sa section, qui ne gêne pas considérablement la marche, prouve que le membre antérieur peut se porter en avant sans que le mastoïdo-huméral entraîne l'angle de l'épaule dans le même sens.

Pendant que l'épaule éprouve un déplacement fort sensible, le bras des grands quadrupèdes, qui est si intimement lié au thorax, se meut à peine; cependant il est réellement étendu sur le rayon scapulaire par l'action directe du sus-épineux et l'action indirecte du coraco-radial. A mesure que son extension s'opère, l'extrémité inférieure de l'humérus décrit, d'arrière en avant, un arc de cercle qui commence à l'instant où le pied quitte le sol, et s'achève dès que celui-ci revient à l'appui. Mais il faut une certaine attention pour bien apprécier la direction de ce léger déplacement.

Fig. 24.



C'est à partir de l'avant-bras que commencent les grands mouvements du membre antérieur. Le troisième rayon quitte sa direction verticale, s'élève, devient de plus en plus oblique et ferme progressivement l'angle obtus qui existe entre lui et l'humérus. Son élévation et sa flexion sont opérées par le coraco-radial et l'huméro-radial qui agissent sur un levier du troisième genre dans lequel le bras de la puissance est très court, puisqu'il n'est représenté que par la faible distance qui existe entre le centre de leur insertion D (fig. 24) et l'articulation du coude; disposition qui n'exige de ces muscles qu'une faible étendue de contraction pour faire décrire à l'extrémité inférieure du rayon un très grand arc de cercle. Mais la brièveté du bras de levier de la puissance développée par les deux fléchisseurs de l'avant-bras est compensée par leur insertion presque perpendiculaire au radius. Aussi ont-ils une force plus que suffisante pour soulever la partie inférieure du membre, car le fléchisseur oblique peut, à lui seul, après la section du coraco-radial, faire jouer l'avant-bras, à très peu de chose près, comme il le faisait auparavant avec le secours de son congénère.

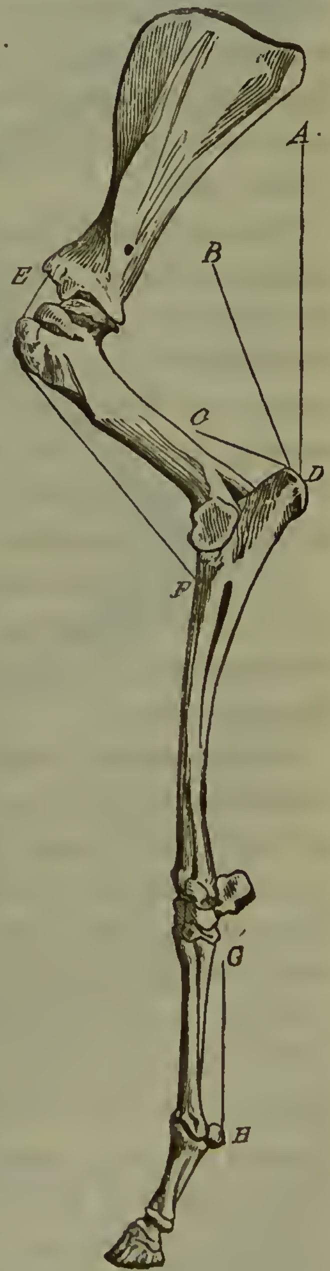
En même temps que le rayon antibrachial se porte en avant, le genou se fléchit et le métacarpe tend à se rapprocher de la verticale, surtout lorsque les allures sont très relevées. La région métacarpienne se fléchit alors légèrement par la contraction des fléchisseurs interne, oblique et externe, qui s'insèrent, soit à l'os sus-carpien,

soit aux péronés : le premier agit sur un levier interpuissant; le second, sur un levier interfixe ; et le dernier, sur un levier composé du premier et du troisième genre, ainsi qu'il a été dit dans un des chapitres précédents.

Enfin, tandis que cette flexion s'opère, la région digitée se fléchit sur le métacarpe, et la face plantaire du pied se dirige plus ou moins obliquement en arrière. Par cette dernière action résultant de la contraction des muscles perforé et perforant, se trouve complété le premier élément du jeu des membres thoraciques.

2° **Le membre antérieur retombe sur le sol.** — Lors de sa projection en avant, il a embrassé un certain espace, d'autant plus étendu, pour une allure donnée, que l'avant-bras est plus long et que le pied s'est lui-même plus élevé au-dessus du sol; le pied a décrit un arc de cercle à concavité inférieure, dont la corde peut, comme nous le verrons bientôt, donner la mesure exacte de l'espace parcouru dans un pas complet, de l'amble, du trot, etc.

Fig. 25.



Pour effectuer l'action qui vient d'être examinée, c'est-à-dire l'élévation et la projection du membre thoracique en avant, les puissances musculaires, représentées en majeure partie par les fléchisseurs, n'avaient à vaincre que la pesanteur des rayons à soulever, et cette partie du poids du corps qui doit être rejetée sur l'extrémité restée à l'appui. Il en est bien autrement en ce qui concerne l'action par laquelle le membre revient sur le sol et s'y maintient pendant quelques instants. Les extenseurs, cette fois, entrent généralement en contraction et remplissent un rôle plus pénible que leurs antagonistes, car ils ont : 1° à ramener les rayons dans leur situation primitive ; 2° à résister au choc que l'extrémité éprouve en arrivant sur le sol et qui tend à fermer les angles de flexion ; 3° enfin, ils ont à fixer les os dans une direction telle que ceux-ci ne cèdent pas sous le poids que supporte l'extrémité à l'appui. Cette dernière partie de leur office n'est, certes, pas celle qui exige le moins de dépense de force, car, au moment où un pied est en l'air, le pied qui lui est opposé est chargé, à lui seul, de tout le poids qui pèse sur le bipède lors de la station. Mais nous savons déjà par quelle heureuse combinaison mécanique les extenseurs sont favorisés en agissant sur des leviers inter-résistants substitués aux leviers du premier genre.

En analysant sommairement la deuxième action des extrémités, nous voyons d'abord que l'épaule, lorsque le pied revient à l'appui, est ramenée dans sa position par le trapèze cervical, le releveur propre, et peut-être par l'angulaire, qui agissent sur son extrémité supérieure.

L'angle scapulo-huméral et le bras reviennent en arrière par la contraction des deux pectoraux et du grand dorsal, qui est l'antagoniste le mieux caractérisé du mastoïdo-huméral. L'humérus (fig. 25), qui est transformé en levier du troisième genre, rela-

tivement au grand dorsal, c'est aussi de la même manière pour l'adducteur et les abducteurs, qui deviennent fléchisseurs par le fait de la simultanéité de leur raccourcissement. Il éprouve à son extrémité une élévation sensible à laquelle les muscles olécrâniens ne restent point étrangers.

L'avant-bras reprend sa direction verticale, entraîné par les cinq muscles olécrâniens ABC, qui agissent presque perpendiculairement sur un levier du premier genre, tant que le pied n'a point encore effectué son appui. La force totale que ces extenseurs sont susceptibles de déployer dépasse, certainement, de beaucoup, celle qui est nécessaire à l'extension de l'avant-bras, et tout porte à croire que chacun d'eux est loin de dépenser la part de puissance qui résulte de sa contraction.

Le métacarpe, en s'étendant sur l'avant-bras, vient se placer dans l'axe de celui-ci, de telle sorte que les deux rayons forment une colonne rectiligne qui est oblique lorsque le pied commence et lorsqu'il achève son appui, et verticale seulement dans la période intermédiaire. L'épitrochlo-prémétacarpien produit ce redressement en agissant sur un levier du troisième genre au lieu d'agir sur un levier interfixe comme la plupart des autres extenseurs. Quand le tendon de ce muscle est coupé, l'animal tombe sur un genou, dès que, dans une allure un peu précipitée, le pied vient à appuyer sur le sol, et il tombe sur les deux si les tendons sont coupés de l'un et de l'autre côté.

Enfin, les muscles extenseurs des phalanges se contractent pour rendre à la région digitée l'obliquité relative qu'elle présente pendant l'appui. Ils se contractent aussi pour étendre le genou au-devant duquel ils passent ; car leur section rend le cheval sensiblement arqué, tout en permettant aux phalanges de prendre, à très peu de chose près, l'inclinaison qu'elles acquièrent dans les circonstances ordinaires. On conçoit, du reste, très bien cette particularité en réfléchissant que le poids du corps suffirait à faire descendre le boulet, au point de l'amener sur le sol si l'intervention du ligament sésamoïdien supérieur n'y mettait obstacle.

Le pied, en retombant sur le sol, produit une chute qui réagit de proche en proche sur les articulations supérieures, et s'affaiblit par l'effet de diverses causes dont nous examinerons l'action après avoir jeté un coup d'œil sur les mouvements des membres postérieurs.

3° **Le membre postérieur s'élève et se porte en avant.** — Lorsque le membre abdominal s'élève et se porte en avant, la cuisse se fléchit sur le bassin, la jambe se fléchit sur la cuisse, et le pied tout entier sur la jambe. Les divers angles que forment entre eux les rayons de cette extrémité se conservent en se fermant à un degré plus ou moins prononcé ; l'angle métatarso-phalangien seul éprouve une inversion : son sinus, qui est antérieur pendant l'appui, devient postérieur tant que le pied est élevé au-dessus du sol.

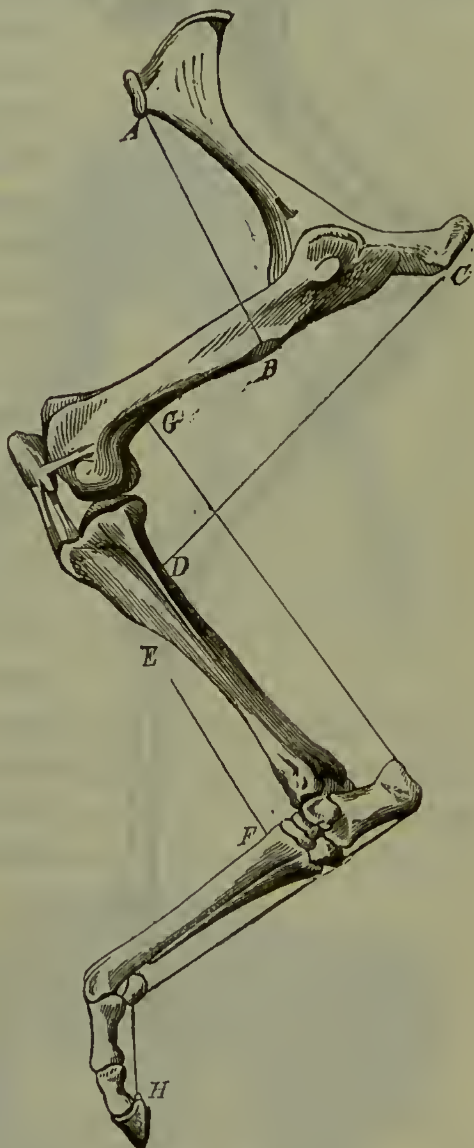
La cuisse, qui, à l'état normal, se trouve, pour me servir des expressions de Bourgelat, à peu près à la moitié de sa flexion en avant, décrit inférieurement, dans l'action qui nous occupe, un arc de cercle assez étendu. Sa flexion, effectuée en sens inverse de celle du bras, reconnaît pour agents essentiels le psoas des lombes, le psoas iliaque, et chez les solipèdes le moyen fessier AB (fig. 26). En outre, elle paraît avoir pour auxiliaires le *fascia lata* et l'ilio-rotulien, qui, en se contractant, tendent, d'une part, à étendre le tibia, et d'autre part, à fléchir le fémur. Mais

comme au lever du membre, il faut que la cuisse et la jambe se fléchissent simultanément, il est difficile de démêler la combinaison qui peut permettre à ces derniers muscles de fléchir la première, sans mettre obstacle à la flexion de la seconde.

L'angle fémoro-tibial, ou l'angle du grasset, est projeté très sensiblement en haut et en avant, dès le début de l'action de chaque membre postérieur soulevé. Son mouvement est un des plus évidents et des plus faciles à suivre de tous ceux qui s'opèrent dans les diverses parties de cette extrémité.

La jambe se fléchit sur la cuisse par la contraction des ischio-tibiaux CD (fig. 26), qui meuvent un levier du troisième genre sur lequel leur insertion devient d'autant plus perpendiculaire que la flexion est portée plus près de ses limites extrêmes. Elle s'étend, au contraire, sur le rayon crural dès que l'extrémité parvenue à son maximum d'élévation se porte obliquement en avant pour revenir à l'appui. Ces deux actions successives que la théorie indique sont fort difficiles à saisir dans les allures rapides ; mais elles se distinguent assez nettement l'une de l'autre dans le pas ordinaire.

Fig. 26.



Le métatarse est fléchi sur la jambe par le tibio-prémétatarsien qui agit sur un levier du troisième genre. A lui seul, ce muscle suffit pour soulever les diverses sections du pied dont le poids ne constitue pas, du reste, une résistance bien considérable.

Enfin, la région digitée se fléchit sur ce dernier rayon, de telle sorte que le sinus de l'angle métatarso-phalangien devient postérieur au lieu d'être antérieur, comme pendant l'appui du membre sur le sol.

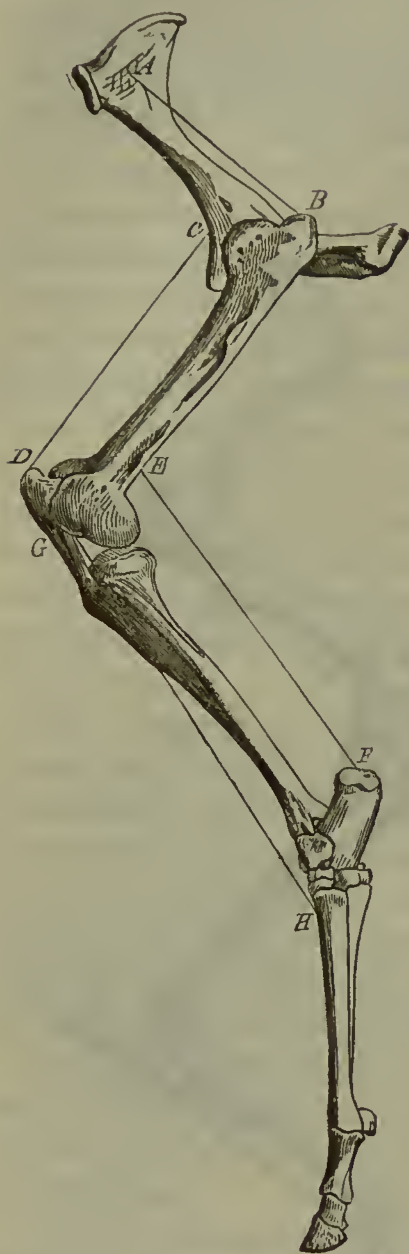
Par suite de ces différentes flexions opérées à peu près simultanément, le membre abdominal est devenu plus court, s'est détaché du sol et porté en avant, suivant une ligne plus ou moins oblique. Il nous reste à l'examiner à l'instant où il s'étend et revient à l'appui.

4° **Le membre postérieur s'étend et retombe sur le sol.** — Pour que ce mouvement d'ensemble s'effectue, il est indispensable qu'il y ait : 1° relâchement des muscles qui se sont contractés dans la période précédente; et 2° contraction de leurs antagonistes.

D'abord, la cuisse est étendue sur le bassin par le grand fessier AB (fig. 27) dont la branche trochantérienne principale agit sur un levier coudé du premier genre. La jambe l'est sur la cuisse par les muscles rotuliens CD qui meuvent un levier dont les extrémités osseuses se trouvent réunies par des ligaments intermédiaires. Le méta-

tarse est, à son tour, ramené à l'extension par le gastro-cnémien EF (fig. 27), et la région digitée reprend insensiblement son angle de flexion à ouverture antérieure par la contraction des deux extenseurs des phalanges.

Fig. 27.



On voit, d'après le rapide aperçu qui précède, que le jeu de chaque membre se compose de deux actions essentiellement distinctes : l'une par laquelle il se fléchit, s'élève et se porte en avant ; l'autre par laquelle il s'étend, se rapproche du sol et vient effectuer son appui. Leur succession alternative exige que les extenseurs et les fléchisseurs des articulations se contractent tour à tour, suivant un ordre rigoureusement déterminé ; elle permet, par conséquent, aux premiers de se relâcher pendant que les autres agissent, et réciproquement, de telle sorte que, pour chaque muscle, il a une période d'action à peu près égale à celle de repos. Aussi on conçoit qu'une allure lente soit moins pénible, chez la plupart des animaux, que la station, qui exige une contraction permanente des extenseurs, sans nécessiter des efforts proportionnels de la part des muscles fléchisseurs.

Il serait sans doute intéressant de savoir quel est le rapport qui peut exister, dans ces deux actions, entre l'intensité de la force déployée par les extenseurs et l'intensité de celle des fléchisseurs. Mais, pour donner au problème une solution, même approximative, il faudrait connaître exactement les proportions de nombre et de volume qui s'observent entre ces deux ordres de muscles, évaluer l'influence que peut avoir la structure simple ou complexe de ces organes sur l'énergie de leur contraction, apprécier l'action qu'exercent sur les forces la nature et les conditions dynamiques des leviers. Une telle détermination échappe à toute espèce de calcul et à l'analyse la plus minutieuse. Du reste, à supposer qu'elle puisse être réalisée dans une région, les résultats qu'elle donnerait ne seraient nullement l'expression d'une loi générale : il faudrait la tenter successivement dans toutes les autres parties de l'appareil locomoteur. Il suffit, pour concevoir l'impossibilité de déduire une formule synthétique, de quelques évaluations particulières, de se rappeler les grandes variations de nombre et de poids qui se remarquent, suivant les régions, entre les muscles qui étendent et ceux qui fléchissent les leviers osseux. Voyez, par exemple, l'avant-bras qui a cinq extenseurs opposés à deux fléchisseurs d'un volume peu considérable ; puis le métacarpe qui, au contraire, n'a qu'un seul extenseur pour trois fléchisseurs ; le pied qui possède les premiers et les seconds en même nombre dans le membre antérieur, et en nombre

inégal dans le postérieur : il n'en faut pas davantage pour se convaincre que les rapports dont nous parlons ne peuvent servir d'éléments à une évaluation rigoureuse.

Maintenant que nous avons décomposé l'action de chaque extrémité en ses divers éléments, examinons-la dans son ensemble, abstraction faite de l'espèce d'allure que peut présenter l'animal.

Oscillations des extrémités. — Le jeu d'un membre, dans les mouvements progressifs des quadrupèdes, comprend quatre périodes. Dans une première, qui est le *lever*, le pied quitte le terrain; dans une seconde, qu'on appelle le *soutien*, il est en l'air; dans une troisième, ou le *poser*, il revient sur le sol; et enfin, dans une quatrième, ou l'*appui*, il supporte sa part du poids du corps. Lorsque les quatre extrémités ont passé par ces quatre phases successives qui peuvent être réduites à deux, l'*appui* et le *lever*, il s'est effectué ce qu'on nomme un *pas complet.*

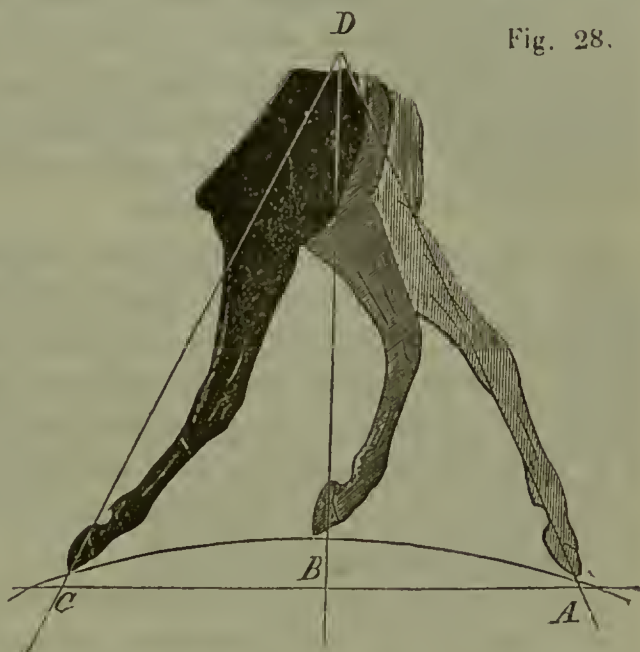


Fig. 28.

Quelle que soit l'allure de l'animal, chaque membre, pour accomplir l'action dont les phases viennent d'être indiquées, se meut à la manière d'un pendule, qui, par ses oscillations plus ou moins rapides et plus ou moins étendues, donne la mesure de l'espace parcouru par le centre de gravité dans un pas complet.

Lorsque le membre est en l'air, il passe successivement par trois situations fort distinctes (fig. 28). A son lever C, il est obliquement incliné de haut en bas et d'avant en arrière; au milieu de sa course, le pied et le coude se trouvent à peu près sur une même ligne verticale; enfin, à l'instant où il va effectuer son appui, il est oblique de haut en bas et d'arrière en avant. J'appellerai *initiale* la première situation, *moyenne* la seconde, et *finale* la troisième. Ce membre étendu dans ses deux situations extrêmes, et fléchi dans l'intermédiaire, décrit, pour passer de la première à la dernière, un arc de cercle CBA dont la corde donne la mesure exacte de l'amplitude de l'oscillation opérée par l'extrémité inférieure du pendule.

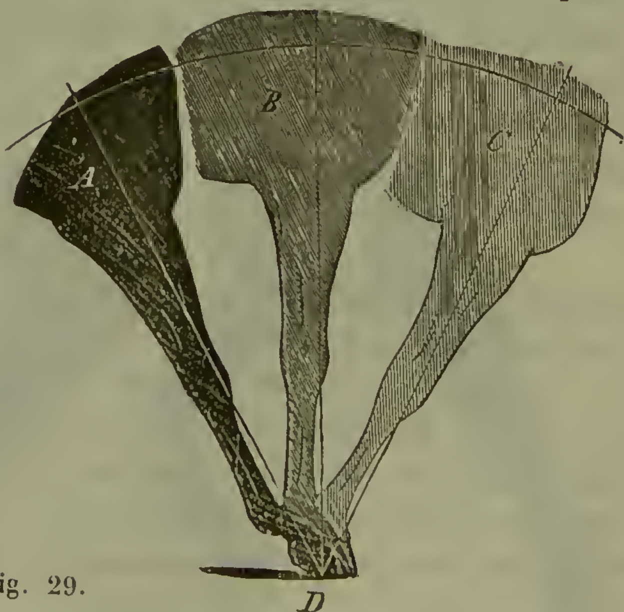


Fig. 29.

Le membre qui est à l'appui se meut aussi d'arrière en avant, comme celui qui est en l'air, et il passe, de même que ce dernier, par les trois situations précédemment énumérées. A sa direction initiale A (fig. 29), c'est-à-dire

au moment où il commence son appui, il est oblique de haut en bas et d'arrière en avant; à sa direction finale C, il est oblique en sens inverse; enfin, à sa direction intermédiaire B, il est vertical. Pendant que le membre levé décrit par son extrémité inférieure un arc de cercle d'une étendue déterminée, le membre à l'appui en décrit un autre par son extrémité supérieure, égal à la moitié du premier.

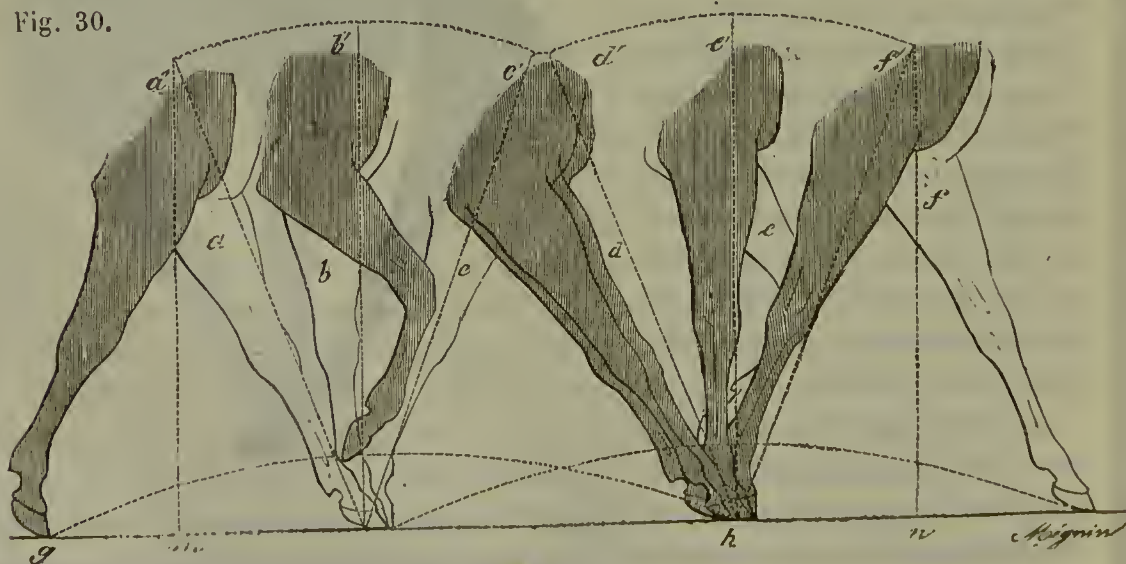
En comparant le jeu de l'extrémité qui est en l'air avec celui de l'extrémité qui est à l'appui, on voit que les situations de même nom sont isochrones, ou, en d'autres termes, que l'une et l'autre extrémité sont ensemble à l'initiale, puis à l'intermédiaire et à la finale; d'où il résulte que les deux membres se trouvent sur une même ligne transversale quand ils arrivent au milieu de leur action, tandis qu'ils forment, l'un par rapport à l'autre, à la fin et au commencement de cette dernière, un angle plus ou moins ouvert et à sinus inférieur. Seulement, dans la situation initiale, le côté antérieur de l'angle est constitué par le membre à l'appui, et le même côté l'est, au contraire, par le membre levé dans la situation finale. C'est là un point hors de toute contestation.

Les deux membres d'un bipède, soit antérieur, soit postérieur, en jouant ensemble, chacun suivant un mode spécial, représentent assez exactement deux pendules dont l'un, celui du membre levé, oscille par son extrémité inférieure, et dont l'autre, celui du membre appuyé, oscille par son extrémité supérieure. Leurs oscillations, qui commencent et qui finissent ensemble, sont par conséquent isochrones et de même vitesse, mais elles n'ont point une égale amplitude : nous verrons tout à l'heure que celles de l'extrémité qui est en l'air ont une étendue double de celles de l'extrémité qui repose sur le sol.

Ce que les deux membres d'un bipède antérieur ou postérieur font ensemble dans un même temps plus ou moins fractionné, chacun d'eux le fait en deux temps successifs.

Puisque, d'une part, l'action d'un membre, dans un pas complet, comprend deux grandes périodes, l'une de soutien et l'autre d'appui, et que, d'autre part, chacune de ces périodes se subdivise en trois situations différentes, il est évident que quand le pas sera achevé, l'extrémité aura passé successivement par les six situations A′, B′, C′, D′, E′, F′ (fig. 30). Or, partant de ce fait, nous pouvons déterminer

Fig. 30.



l'étendue de l'espace parcouru par le membre, à l'une et à l'autre de ses extrémités.

Pendant qu'il est au lever, il éprouve, par son extrémité inférieure, une oscillation dont l'amplitude G H est double de l'oscillation D′ F′ qui se produit à son extrémité supérieure lorsqu'il est à l'appui. En effet, en même temps que le pied levé décrit l'arc GH, le membre opposé, *a*, *b*, *c*, que la figure 30 représente sur un second plan, décrit l'arc A′ C′ par son extrémité supérieure. Ce dernier arc étant le résultat de la progression en avant du centre de gravité, progression qui dérive de l'impulsion communiquée au corps par les membres abdominaux, il est clair qu'il sera également décrit par la partie supérieure du membre levé. D'où il suit que le point A′, considéré comme centre du mouvement du membre levé, se meut autant que le point correspondant du membre à l'appui. Il passe en B′ lorsque le pied se trouve à sa situation moyenne, et arrive en C′ quand celui-ci est parvenu à sa situation finale. Le pendule représenté par ce membre en l'air éprouve donc un double mouvement; il oscille, à la fois, et par son extrémité supérieure et par son extrémité inférieure.

De plus, le membre pendant son lever, ayant parcouru supérieurement le trajet A′ B′ C′, et devant parcourir pendant son appui, c'est-à-dire pendant la seconde des deux grandes périodes de son action, le trajet D′ E′ F′, lesquels mesurent ensemble l'espace parcouru par le centre de gravité, il faut nécessairement que, dans la durée de ces deux périodes, le pied parcoure un trajet égal à celui du centre de gravité, ou, en d'autres termes, que le membre, pendant la durée totale de son action, éprouve un déplacement rectiligne de même étendue à l'une et à l'autre de ses extrémités. Aussi la corde de l'arc GH décrit par le pied est-elle équivalente à la somme des cordes des deux arcs A′ C′ et D′ F′ décrits par l'extrémité supérieure du membre.

Enfin, comme l'extrémité supérieure du membre emploie toute la durée de la période du lever et de celle de l'appui pour effectuer son trajet, tandis que l'extrémité inférieure ne met, pour effectuer le sien, que la durée d'une seule de ces périodes, il faut que dans l'une d'elles le pied parcoure le même espace que l'extrémité supérieure dans les deux réunies. Et comme ces deux périodes sont de même durée, la vitesse du pied doit être double de la vitesse de la partie supérieure du membre ou du centre de gravité. Voilà pourquoi les oscillations du pied du membre levé sont deux fois aussi rapides que les oscillations de la partie supérieure du membre à l'appui, bien que les premières et les secondes commencent et finissent ensemble, ou, en d'autres termes, qu'elles soient parfaitement isochrones.

Ces considérations posées, il reste à rechercher quelle est l'étendue de l'espace parcouru par le corps ou le centre de gravité dans un pas complet : dernier point très facile à déterminer, soit rationnellement, soit par la voie expérimentale.

Sachant premièrement que le pas complet est effectué lorsque les quatre extrémités ont passé, chacune, par les phases précédemment indiquées; et deuxièmement quel est l'espace mesuré par un membre pendant la durée de son action, nous pouvons, sans grandes difficultés, préciser l'étendue de l'espace parcouru pendant un pas complet.

Pour arriver à ce résultat, il n'est nullement nécessaire de s'occuper des extrémités postérieures qui doivent, chacune, franchir autant d'espace que chacune des

extrémités antérieures, et ne peuvent progresser ni plus ni moins vite que ces dernières, aux mouvements desquelles elles se trouvent intimement subordonnées. Il suffit de tenir compte du trajet mesuré par un pied antérieur pendant qu'il est en l'air, trajet égal à celui mesuré par l'extrémité supérieure du même membre pendant la période de l'action et celle de l'appui. Or, comme dans un pas complet, les oscillations supérieures du membre antérieur droit sont isochrones à celles du membre antérieur gauche, le centre de gravité n'a progressé que de l'espace mesuré par les cordes des deux arcs A′C′ et D′F′ dont la somme est équivalente à la corde de l'arc unique GH décrit par l'un des pieds pendant le lever d'un membre.

On conçoit aisément que l'étendue du pas ne puisse pas être égale à celle de deux oscillations du pied levé; car, pendant la durée d'un pas complet, les deux membres d'un bipède antérieur, par exemple, agissent ensemble, de telle sorte que les trois phases du lever A′,B′,C′, du membre droit correspondent aux trois phases *a*, *b*, *c*, de l'appui du membre gauche, et réciproquement pour les trois suivantes.

En comparant le trajet parcouru par les deux pieds d'un même bipède, pendant un pas entier, avec celui que mesure le centre de gravité, on trouve que le premier est constamment supérieur d'un tiers au dernier. L'excédant du trajet franchi par les pieds tient à la situation qu'ils affectent, l'un relativement à l'autre. Cette situation, dont la figure 30 nous donne une idée exacte, est telle, d'une part, que le membre antérieur droit, par exemple, est en retard au début de son lever A′ sur le centre de gravité, et en avance sur lui à la fin de la même période, et, d'autre part, que quand l'un des membres est en avance, l'autre est en retard, excepté cependant aux instants de ce que nous avons appelé les situations *moyennes* ou intermédiaires.

L'espace parcouru par le corps dans un pas complet doit varier beaucoup suivant les allures. Au pas de vitesse moyenne, cet espace est à peu près égal à la distance qui sépare, lors de la station, la piste du pied de derrière de celle du pied de devant; au trot, il est souvent double; au galop, triple, quadruple, etc. Mais c'est là un point sur lequel nous reviendrons.

Les considérations précédentes s'appliquent au jeu des extrémités lorsque l'allure est entamée, c'est-à-dire lorsqu'un pas succède à un autre pas. Le début d'une allure comporte quelques combinaisons qui s'opposent à une analyse exacte des diverses particularités qui viennent d'être rapidement exposées.

II. DE L'IMPULSION.

Tout ce que je viens de dire de l'action si compliquée des membres n'a pu faire pressentir le mécanisme par lequel se développe la force destinée à communiquer au corps un mouvement de translation, et cependant ce mécanisme résulte du jeu même de ces extrémités.

Déjà nous avons vu que les membres antérieurs sont surtout organisés pour soutenir la plus grande partie du poids du corps. Placés en avant du centre de gravité, ils ne peuvent contribuer à le faire progresser dans la plupart des allures. Néanmoins ils ont quelquefois une action impulsive bien caractérisée; ils lancent le corps en l'air dans le cabrer, et prennent une grande part à l'impulsion du reculer et à celle du tirage.

Les membres postérieurs, outre leur rôle de sustentation qui leur est commun avec les premiers, ont celui de développer la puissance qui pousse le corps en avant; et ils le remplissent, à l'exclusion des autres, dans la généralité des mouvements progressifs. C'est ce qu'il s'agit de démontrer dans ce paragraphe.

Les anciens auteurs, Gassendi, Borelli, Haller, entre autres, se faisaient une idée très fausse sur la nature de la force qui imprime au corps un mouvement progressif. Ils croyaient que le sol, sous l'influence de la percussion opérée par le pied, réagissait avec plus ou moins d'énergie et développait ainsi une force qui devenait la cause de la progression. Cette réaction du terrain sur lequel les membres arc-boutent donnerait lieu, d'après Borelli (1), à un mouvement réfléchi analogue à celui de la barque sur laquelle vient appuyer la perche du batelier. Toutefois la détente effectuée par les extenseurs des articulations était aussi regardée comme prenant une part notable au développement de cette force impulsive.

Barthez, en avançant que la force de répulsion ou de réaction du terrain est purement imaginaire, a évidemment exagéré l'erreur de ses devanciers. En effet, Borelli n'a jamais voulu dire et n'a dit nulle part que l'impulsion tient uniquement à la réaction du sol contre lequel les membres arc-boutent dans la progression; dans plusieurs de ses propositions, il a donné, au contraire, assez clairement à entendre que les muscles extenseurs contribuent beaucoup à la production de la puissance qui devient la cause efficiente des mouvements progressifs. En traitant du mécanisme du saut, par exemple, il fait remarquer qu'à la suite d'une flexion préalable des articulations il y a une détente subite des extenseurs, et que cette détente produit une force de projection (2). Seulement il paraît considérer comme accessoire cette puissance principale, la seule même qui devienne le principe du mouvement. Il ne reste donc plus qu'à rendre à cette dernière le véritable rôle qui lui appartient

On convient assez généralement que ce sont les membres postérieurs qui donnent l'impulsion. C'est l'opinion de Barthez et celle de Cuvier. Néanmoins le premier pense que les antérieurs y contribuent pour une faible part, attendu qu'ils se trouvent inclinés au moment où ils arc-boutent sur le sol, immédiatement avant de se lever; mais il méconnaît la cause capitale qui réduit à si peu de chose l'influence impulsive de ces derniers; il ne voit pas qu'elle réside dans leur situation, en avant du centre de gravité, ou de la résistance qu'il faut faire progresser. Celle qu'il trouve dans la simple union de ces membres au tronc par les masses musculaires est tout à fait secondaire.

Si ce sont bien les membres abdominaux qui donnent l'impulsion, il faut voir s'ils la donnent ensemble ou l'un après l'autre, pendant qu'ils appuient sur le sol, ou lorsqu'ils sont en l'air, et rechercher le mécanisme par lequel ils la développent.

En admettant, comme un fait démontré, que c'est le membre à l'appui qui donne l'impulsion, nous pouvons constater, tout d'abord, que celle-ci résulte, dans la plupart des circonstances, de l'action d'une seule des extrémités, puisque dans le pas, le trot, l'amble et les autres allures, il n'y a jamais qu'un seul pied postérieur appuyé sur le sol. Seulement, dans la ruade et dans le saut, elle est développée à la fois par les deux extrémités. A part ces exceptions, il faut que tour à tour chaque

(1) *De motu animalium*, prop. CLVI.
(2) *De motu animalium*, pars prim., prop. CLXXIII-CLXXV.

membre postérieur supporte tout le poids qui pèse sur le bipède et de plus qu'il chasse le corps en avant.

Le membre à l'appui est bien évidemment le seul qui puisse développer une force impulsive, aussi ne s'est-il jamais élevé de contestations sérieuses sur ce point. Borelli déjà le dit très explicitement, et en cela il se montre conséquent avec sa théorie de la réaction du sol, réaction qui ne peut être transmise au corps que par l'extrémité qui est à l'appui. L'opinion d'après laquelle le membre levé donnerait cette impulsion est trop dénuée de fondement pour qu'il soit ici nécessaire de la réfuter.

Mais ce membre à l'appui passe par trois situations successives; aux deux extrêmes il est étendu, à la moyenne, il est fléchi. Développera-t-il la force impulsive à ces trois périodes, ou à deux ou à une seule d'entre elles.

La plupart des auteurs, Barthez (1), Lafosse, Cuvier (2), prétendent que le développement de l'impulsion est précédé d'un temps de préparation pendant lequel les membres se fléchissent légèrement. Il semble en être ainsi lorsque l'animal veut sauter ou lorsqu'il fait des efforts violents pour traîner de lourds fardeaux. Mais dans la généralité des allures, cette flexion préalable des rayons osseux est une pure fiction; celle qui existe normalement étant suffisante pour permettre aux extenseurs d'opérer la détente destinée à produire la force impulsive. Toutefois, comme la flexion des divers segments des extrémités n'est pas la même aux diverses phases de l'appui, on pressent déjà que la détente des extenseurs n'est point uniformément favorisée.

En effet, le membre au commencement de son appui, c'est-à-dire à sa situation initiale A (fig. 31), est oblique de haut en bas et d'arrière en avant; il est fortement

Fig. 31.



engagé sous le corps, et par conséquent plus ou moins étendu. A ce moment il est

(1) *Loc. cit.*, p. 104.
(2) *Anatomie comparée*, t. I p. 121.

aussi défavorablement disposé que possible pour remplir le rôle dont nous parlons; son extension affaiblit la détente et sa direction tend à diriger l'impulsion en arrière. Lorsqu'il est parvenu à sa situation moyenne B, il est vertical, ses rayons offrent le maximum de leur flexion : alors seulement il commence à se trouver dans d'excellentes conditions pour donner l'impulsion qu'il continue jusqu'à l'instant où il arrive à sa situation finale C, qu'il quitte aussitôt en laissant à celui du côté opposé, revenu à l'appui, le soin de faire suite à l'action commencée.

En admettant que l'extrémité qui est à l'appui ne donne point encore l'impulsion à la situation initiale, et jusqu'à l'instant où elle devient verticale, on conçoit cependant très bien que le corps continue à progresser, par suite de la force que lui a communiquée l'autre membre, dans le temps précédent, de même que le fait le projectile lancé dans l'espace par une puissance quelconque. La vitesse acquise par le centre de gravité, sous l'influence de la détente de l'extrémité qui vient d'effectuer son lever, est certainement plus que suffisante pour continuer le mouvement progressif pendant la moitié de la durée si courte du poser du membre qui va développer actuellement l'impulsion.

La force qui détermine la translation du corps dérive de la contraction d'un assez grand nombre de muscles. Elle dépendrait « essentiellement, d'après Barthez (1), de l'action des muscles releveurs de l'os du jarret et des extenseurs de la jambe qui sont le crural, les vastes externe et interne. Les extenseurs du fémur et ceux du pied contribueraient peu à cette impulsion. »

Barthez a raison de considérer les extenseurs du métatarse et de la jambe comme des agents principaux de l'impulsion; mais il tombe dans une grave erreur, quand il ajoute que les extenseurs du fémur contribuent peu au développement de cette dernière. Cet auteur, en défendant l'opinion généralement admise que la détente des membres postérieurs résulte de l'action seule des extenseurs, n'exprime qu'une partie de la vérité; car cette détente est opérée par tous les muscles qui contribuent à l'effacement des divers angles de flexion, c'est-à-dire par les fléchisseurs des phalanges, les extenseurs du métatarse, ceux de la jambe et de la cuisse, lorsqu'ils se contractent, le pied étant appuyé sur le sol.

Les fléchisseurs des phalanges, dont le rôle paraît avoir été méconnu jusqu'ici, en ce qui concerne le mécanisme de plusieurs actes locomoteurs, semblent, de prime abord, ne pas devoir participer à l'extension des rayons inférieurs des membres, mais ils y contribuent incontestablement en redressant, ainsi que je l'ai démontré au sujet du cabrer et de la ruade, l'angle à sinus antérieur formé par le métatarse et la région digitée. L'extenseur du métatarse, les muscles rotuliens, le grand fessier, en opérant à divers degrés l'extension des os sur lesquels ils s'insèrent, deviennent les congénères des premiers tant que le pied demeure à l'appui. Leur action, déjà exposée succinctement dans les paragraphes précédents, est trop facile à concevoir pour qu'il soit utile d'en faire ici un nouvel examen.

Le redressement simultané ou successif des rayons du membre postérieur développe une force qui devient la cause immédiate de l'impulsion. Cette force, qui résulte de la contraction musculaire, tend à éloigner l'une de l'autre les deux extré-

(1) Ouv. cit., p. 103.

mités du membre ; elle se décompose en deux parties, l'une qui agit de bas en haut et lutte contre la résistance représentée par le poids du corps, l'autre qui, au contraire, agit de haut en bas sur la résistance opposée par la surface du sol. Le partage de la puissance que l'extension du membre a développée ne saurait être nié : les principes les plus élémentaires de la dynamique le prouvent, et le caractère des empreintes que le pied laisse sur un sol qui se déprime nous en donne une démonstration palpable, puisque ces empreintes sont d'autant plus profondes que les efforts de l'animal traînant de lourds fardeaux sont plus considérables.

Des deux résistances sur lesquelles doit agir la force déployée par l'extension du membre postérieur, celle du sol est à peu près invincible et celle du poids du corps seule peut être vaincue, car son intensité est bien inférieure à celle de la puissance musculaire. Par conséquent, la masse du tronc est projetée en avant par un mécanisme analogue à celui qui met un fauteuil en mouvement, dès que la personne qui s'y trouve assise fait arc-bouter un de ses pieds sur le sol.

La puissance produite par la détente de l'extrémité à l'appui, étant ainsi décomposée, se trouve à moitié perdue. Celle de ses deux parties qui tend à pousser le centre de gravité en avant ne peut avoir son entier effet que si l'autre est équilibrée par la résistance du terrain sur lequel les extrémités prennent des points d'appui. Cette puissance d'une énergie déterminée donnera, toutes choses égales d'ailleurs, une quantité de mouvement d'autant plus considérable que le sol résistera davantage ; car, si celui-ci se laisse déprimer, le pied creusera une empreinte d'une profondeur proportionnée à l'intensité de la détente. Alors la somme du déplacement éprouvé de haut en bas par le membre devra être déduite de la somme du déplacement qu'aurait effectué le même membre à son extrémité supérieure, si la surface du sol eût offert une résistance aussi parfaite que possible.

L'influence que les divers degrés de résistance de la surface de la terre peuvent avoir sur l'effet utile de la force impulsive mériterait d'être déterminée par les physiciens. Elle se conçoit, dans son ensemble, si l'on compare l'action du membre qui éprouve la détente à celle de la rame et de la perche du batelier. L'extrémité postérieure qui arc-boute à terre pour mettre en mouvement la masse du corps produit son maximum d'effet, si elle trouve une résistance parfaite à son point d'appui, comme le fait la perche qui s'appuie sur le fond rocailleux de la rivière. Elle n'arrive pas à ce résultat extrême si elle frappe un sol mouvant et susceptible d'être déprimé, de même que la rame qui s'appuie sur le liquide, ou la perche qui s'enfonce dans la vase.

L'impulsion, une fois développée par la détente d'un membre postérieur, est communiquée successivement au bassin, à la colonne vertébrale, aux parties antérieures du corps et au centre de gravité. Sa transmission au bassin s'effectue, sans perte, par l'articulation coxo-fémorale, et de celui-ci elle se continue intégralement à la région dorso-lombaire, par l'intermédiaire de l'articulation ilio-sacrée. Elle est favorisée, au plus haut degré, par des dispositions mécaniques qu'on ne trouve point dans les membres thoraciques, et dont les deux principales sont la soudure des deux coxaux et la solidité de l'articulation du bassin avec la colonne vertébrale.

La première de ces deux conditions essentielles, la fusion du coxal droit avec le

gauche, établit une intime solidarité entre l'action d'un membre et celle du membre opposé, lorsque l'un donne l'impulsion en même temps que l'autre : dans le saut, par exemple; de plus, elle permet à l'impulsion produite, le plus souvent par un seul, de se disséminer dans une pièce osseuse d'une grande force et de se transmettre à la région lombaire, sans faire éprouver à la croupe des vacillations très considérables. Enfin la deuxième condition, c'est-à-dire la solidité de l'articulation du bassin avec la colonne vertébrale, assure évidemment une transmission entière et facile de la force impulsive au levier rachidien qui, à son tour, la propage au centre de gravité.

III. DES RÉACTIONS.

Lorsque le corps, lancé en haut et en avant, a éprouvé tout le déplacement que peut lui faire opérer la détente impulsive, il retombe sur les pieds, qui se sont portés au-devant de lui pour le recevoir et le soutenir au moment de sa chute. Le choc, plus ou moins violent, qui résulte de celle-ci, donne lieu à ce qu'on appelle les *réactions*.

Il est fort difficile de définir, d'une manière précise, les réactions qui se produisent dans l'appareil locomoteur et de donner une idée exacte de leur nature, car elles constituent des phénomènes complexes qui modifient les angles des rayons des membres, mettent en jeu l'élasticité des os, des cartilages, des ligaments et de plusieurs autres parties des extrémités.

Au moment où la masse du corps retombe sur le sol, les membres, sur lesquels l'appui s'effectue, éprouvent un choc qui se fait d'abord sentir dans le pied, puis successivement et de proche en proche dans les diverses sections des appendices locomoteurs jusqu'aux parties centrales; mais comme les effets de ce choc s'affaiblissent insensiblement de l'extrémité inférieure à l'extrémité supérieure des membres, le tronc n'éprouve que de légères secousses, sans commotion préjudiciable aux viscères renfermés dans les cavités splanchniques.

Les causes qui atténuent l'influence du choc ou qui amortissent les réactions se trouvent dans le mode d'union des membres avec le tronc, dans la flexion angulaire des rayons, la structure et l'élasticité des différentes parties du pied. Il s'agit d'examiner ici, très succinctement, les principales d'entre elles.

Et d'abord, il faut constater la différence essentielle qui existe entre les membres antérieurs et les postérieurs, sous le rapport de leur aptitude à affaiblir les réactions, différence qui tient à la nature de leur jonction avec les parties centrales de l'appareil locomoteur. Les premiers, qui ont leurs rayons disposés verticalement, depuis le coude jusqu'à la région digitée, seraient dans des conditions très désavantageuses s'ils étaient articulés avec le rachis de la même manière que les autres; ils transmettraient, presque sans perte, du pied aux parties supérieures, les effets de la percussion exercée à la surface du sol, et des parties supérieures au pied, l'action qui résulte de la pesanteur du tronc. Mais ils trouvent, dans les muscles qui les fixent sur les parties latérales du thorax, des liens d'une souplesse extrême, par lesquels achèvent de se disséminer et de s'éteindre les effets de l'ébranlement qui s'est produit lorsque l'extrémité est revenue à l'appui. Les seconds, au contraire, dont les rayons sont tous fortement inclinés les uns sur les autres, pouvaient se passer

d'une union si souple pour amortir les réactions qu'ils éprouvent ; ils sont solidement fixés au bassin par une articulation enarthrodiale, et le bassin lui-même est articulé non moins solidement avec le sacrum, comme il le fallait, du reste, pour la transmission parfaite de la puissance impulsive que développent les extrémités postérieures.

A part ces différences capitales, toutes les autres dispositions que la nature a réunies en vue d'atténuer les réactions sont, à divers degrés, communes aux membres thoraciques et aux membres abdominaux.

La première consiste dans cette flexion alternative des rayons, déjà tant de fois rappelée, et qui a lieu au membre antérieur entre l'épaule et le bras, le bras et l'avant-bras, le métacarpe et la région digitée ; au membre postérieur, entre chaque région et celle qui précède ou qui suit, car tous les rayons de ce dernier sont inclinés et très fortement inclinés les uns sur les autres. En s'exagérant, lors de la chute du corps sur le sol, elle annihile en grande partie les effets de la percussion, comme pourraient le faire des ressorts brisés ou sinueux interposés entre une masse d'un poids considérable et une surface résistante sur laquelle elle devrait retomber à tout instant. Son influence, si facile à concevoir, est nécessairement restreinte par les limites que les muscles extenseurs opposent à une flexion extrême. Néanmoins elle est si puissante qu'il suffit à un cheval, par exemple, d'avoir l'angle du paturon un peu plus ouvert que dans les circonstances ordinaires, pour que, par le fait de cette seule modification, les réactions de l'animal deviennent fort dures et parfois insupportables au cavalier, tandis qu'elles sont d'une souplesse remarquable quand ce même angle arrive à ce degré qui caractérise le cheval *bas-jointé*.

On voit, par là, dans quelles conditions désavantageuses se trouvent les animaux qui, comme l'éléphant, le rhinocéros, l'hippopotame, ont les rayons des membres très peu fléchis les uns sur les autres. Sans doute que leurs réactions devraient être très dures s'ils avaient des allures relevées et rapides, et si d'autres dispositions mécaniques encore à constater ne venaient établir une compensation nécessaire.

Une deuxième condition, destinée à affaiblir les réactions, tient à l'agencement des pièces osseuses dans les articulations, et aux propriétés de leurs ligaments.

D'abord tous les os des membres, à leurs extrémités articulaires, sont revêtus d'une couche fibro-cartilagineuse, molle, dépressible, élastique, qui cède sous l'influence de la pression et revient ensuite à son épaisseur première, à peu près comme le font, dans nos machines, les coussins placés entre les pièces qui doivent se heurter avec violence. Ces disques fibro-cartilagineux, bien que très minces, produisent, en somme, un effet très sensible, car au membre antérieur ils forment seize couches et au postérieur dix-huit couches superposées, sans compter les ménisques de l'articulation fémoro-tibiale.

C'est surtout au niveau de deux grands centres de mouvements, le carpe et le tarse, que ce rôle d'atténuation se montre avec le plus d'évidence. Les nombreuses pièces du genou et du jarret, en permettant la dispersion de l'effort sur de larges surfaces brisées, l'épuisent, en partie, par le fait du léger écartement qui se produit entre elles et par l'élasticité des lames cartilagineuses.

Un effet analogue à celui qui se produit à ces deux régions a lieu au métacarpe et au métatarse des animaux onguiculés et des grands pachydermes, tels que le

porc, l'éléphant, le rhinocéros; mais cet effet se réduit à très peu de chose, chez les solipèdes, dont les péronés ont un faible volume relativement à l'os du canon.

Une troisième condition qui prend une grande part à l'amortissement des chocs et des réactions, tient au jeu de certaines articulations, parmi lesquelles il faut placer en première ligne les articulations métacarpo et métatarso-phalangiennes des grands quadrupèdes. L'admirable mécanisme qui résulte, dans ces dernières, de l'action de parties insensibles fort résistantes, transforme les extrémités inférieures des membres en ressorts flexibles, dont les mouvements neutralisent, plus ou moins, les effets de la percussion opérée par le pied à la surface du terrain. La flexion permanente de la région digitée sur le canon, en s'exagérant toutes les fois que la pression exercée sur le pied devient plus considérable, produit, sans nulle fatigue pour les muscles et sans tiraillements préjudiciables à l'intégrité des ligaments suspenseurs, un effet qui seul surpasse peut-être celui de toutes les articulations supérieures réunies.

Enfin, une autre condition essentiellement destinée à atténuer la violence des chocs et à prévenir la transmission de leurs effets à l'extrémité supérieure des membres et aux parties centrales de la machine, réside dans la structure et les propriétés des diverses régions du pied. Celle-ci, mieux encore que les autres, va nous montrer avec quel art infini les dispositions les plus heureuses et les plus variées ont été associées pour conduire au résultat capital qui fait le sujet actuel de nos études.

Mais, pour avoir une idée générale de ces dispositions qui donnent au pied un rôle si important dans la locomotion, il faut examiner isolément les plus remarquables d'entre elles, dans les principaux types d'animaux ; car il est évident, à la première vue, qu'elles ne sont point chez les onguiculés ce qu'elles sont chez les mammifères à sabots, et qu'elles diffèrent même très notablement entre l'éléphant qui est pentadactyle et le rhinocéros tridactyle, entre le ruminant et le solipède, etc.

Les onguiculés, qui sont presque tous pentadactyles, sinon à tous les membres, du moins à ceux de devant, réunissent, au plus haut degré, les particularités qui donnent la souplesse au pied et lui permettent d'amortir le plus complétement les effets de la percussion opérée à la surface du sol. Il semble que ces animaux qui, par le fait de la petitesse de leur taille et de la légèreté de leurs mouvements, se trouvent moins que les autres exposés à souffrir des réactions, soient précisément ceux chez lesquels les plus ingénieuses combinaisons ont été rassemblées pour produire un résultat qu'il était surtout indispensable d'obtenir chez les grands quadrupèdes.

Premièrement, lors de l'appui, les doigts de ces animaux s'étendent légèrement, s'écartent les uns des autres, et si la pression est forte, les métacarpiens ou les métatarsiens, qui sont simplement accolés ensemble, éprouvent aussi un léger déplacement. L'effort, ainsi dispersé sur quatre ou cinq séries d'osselets, s'atténue par l'écartement qui s'effectue entre elles; de plus, il s'affaiblit encore par l'action de petits coussinets ou de petites pelotes placées à la face inférieure du pied.

Celles-ci, chez les carnassiers digitigrades, sont généralement au nombre de sept aux membres antérieurs, et de six aux postérieurs : les plus petites, ou les pelotes digitales, recouvrent les articulations de la seconde avec la troisième phalange, une pour chaque doigt ; la plus grande, qui a une forme analogue à une feuille de trèfle

et dont le bord postérieur porte trois découpures chez le lion et la panthère, correspond aux articulations métacarpo ou métatarso-phalangiennes auxquelles elle est attachée par des brides fibreuses très fortes; enfin, la dernière, ou la pelote carpienne, existe au niveau de l'os sus-carpien dont elle est séparée par une petite bourse muqueuse. Convexes à leur surface libre, recouvertes d'une peau noirâtre, grenue, veloutée, ces pelotes sont constituées par des coussinets graisseux dans lesquels se perdent quelques fibres de tissu ligamenteux. Elles se dépriment et s'aplatissent plus ou moins lorsque le pied appuie sur le sol; la graisse qui les forme s'échappe en partie dans les interstices que laissent entre elles les phalanges, puis elles reviennent sur elles-mêmes en vertu de leur élasticité dès que la pression a cessé. La pelote carpienne, qui est très élevée au-dessus du sol, chez le chien, le loup, la hyène, se rapproche plus des autres déjà chez le lion, et plus encore chez la panthère, de sorte qu'elle peut venir à l'appui, quand l'animal retombe sur ses pattes très inclinées, après un saut d'une certaine étendue.

Chez les plantigrades dont l'appui se fait sur toute l'étendue de la région digitée du carpe et du métacarpe, pour le pied de devant, et sur les parties correspondantes pour celui de derrière, il existe des pelotes digitales profondément isolées, comme dans les autres carnassiers, et, de plus, des pelotes énormes, à peine séparées par de légers sillons, et assez larges pour recouvrir complétement la face plantaire ou palmaire du pied. Ces dernières, qui, sans doute, ont une structure et des propriétés sinon identiques, du moins analogues à celles des callosités des digitigrades, devaient offrir un grand développement pour compenser le désavantage qui résulte de l'appui sur toute la face inférieure du pied, et par conséquent, de la suppression de divers angles dont le jeu favorisait l'amortissement des réactions.

Les animaux dont les doigts sont enveloppés dans des sabots présentent d'autres dispositions propres à remplir l'office des coussins élastiques du pied des espèces onguiculées. Les pelotes carpiennes, métacarpiennes et digitales, si parfaitement adaptées aux extrémités des carnivores, eussent été insuffisantes à des quadrupèdes aussi lourds que nos grandes espèces de pachydermes, de ruminants et de solipèdes.

Parmi les animaux de ces dernières catégories, l'éléphant semble avoir, plus que tous les autres, besoin d'une organisation qui rende son pied éminemment élastique, car rien dans la disposition de ses membres, dont les rayons sont à peine inclinés, ne peut suppléer au rôle de cet organe. Or, le pachyderme a cinq doigts complets inégalement apparents, susceptibles de s'écarter légèrement à leur partie supérieure sous l'influence des pressions, bien qu'ils conservent sensiblement leurs rapports réciproques à leur extrémité libre. La face inférieure du pied est formée par un plastron corné très dur qui réunit les petits sabots et dont la circonférence a plus d'un mètre sur un sujet de moyenne taille. Cette couche de corne présentant à sa surface une dizaine de lames transversales, sinueuses, comme imbriquées, est légèrement convexe; elle peut céder au moment de l'appui et devenir tout à fait plane. Lorsque celui-ci s'effectue, le pied s'élargit, bien que les petits sabots ne s'écartent pas sensiblement; les creux qui existent en arrière se remplissent et même se boursouflent; la circonférence de l'organe s'agrandit d'un treizième, ainsi que j'ai pu m'en assurer sur un éléphant d'Afrique sur lequel elle était de $1^{m},19$ au lever et de $1^{m},29$ à l'appui. Très probablement, cet élargissement est dû à la compression de coussinets

élastiques interposés entre la corne et les phalanges; mais quelle qu'en puisse être la cause, ce résultat remarquable doit jouer un grand rôle dans les mouvements de progression du gigantesque quadrupède.

Ces dispositions, qui donnent de l'élasticité au pied de l'éléphant, ne sont déjà plus semblables chez le rhinocéros. Les trois doigts de celui-ci sont bien séparés, leurs sabots sont réguliers et parfaitement circonscrits, et à leur partie postérieure, c'est-à-dire en arrière et au milieu du pied, se trouve un énorme coussin calleux facile à déprimer. Au moment de l'appui, les doigts s'écartent fortement, le coussin s'aplatit, et les réactions, considérablement atténuées, se répartissent sur trois rangées de phalanges et de métacarpiens ou de métatarsiens susceptibles de jouer un peu les uns sur les autres.

Des particularités analogues à celles qui donnent de la souplesse au pied du rhinocéros en donnent également et même davantage au pied tétradactyle de l'hippopotame, bien qu'elle paraisse moins indispensable à un animal habitué à vivre sur les bords des fleuves, dans les lieux humides, et par conséquent, à marcher sur un sol sans consistance. Ces dispositions se retrouvent en partie chez le porc et le sanglier. Seulement, ici, les quatre doigts ne sont pas sur le même plan : les deux médians, plus longs et plus forts que les autres, servent à l'appui, par leurs sabots semblables à ceux des ruminants ; et les deux latéraux, plus petits et plus relevés que les premiers, en arrière desquels ils sont placés, n'arrivent au contact du sol que lorsque l'animal marche sur un terrain meuble ou fangeux.

Avec les ruminants apparaissent de nouvelles particularités. Ici nous trouvons toujours deux doigts généralement isolés et pourvus, chacun, d'un sabot servant à l'appui par toute l'étendue de sa face inférieure; de plus, et par exception, deux autres petits doigts rudimentaires en arrière et au-dessus des autres. Mais il n'y a plus qu'un os métacarpien ou métatarsien très long entre le genou ou le jarret et la région digitée ; enfin, les muscles postérieurs à cet os du canon sont transformés en ligament suspenseur, de telle sorte, qu'en somme le pied de ces mammifères, très analogue extérieurement à celui du porc et du sanglier, s'en distingue essentiellement par sa composition anatomique et le jeu si singulier de l'articulation métacarpo-phalangienne. Son élasticité résulte d'abord du jeu de cette dernière, puis de l'écartement fort sensible des deux doigts, limité par un ligament croisé; enfin, de l'aplatissement de la face inférieure de l'onglon, coïncidant avec un léger élargissement des talons et une dépression plus ou moins marquée du coussinet fibro-graisseux interposé entre la sole et le dessous de l'os du pied. Cette élasticité doit être très prononcée dans le bœuf, le buffle, le bison, la girafe, dont le sabot est très large en arrière, mou et convexe à sa partie inférieure, notamment en arrière. Elle semble devoir être moindre chez les cerfs, le chevreuil et les petites espèces dont les ongles fort étroits sont durs et excavés en arrière, au lieu d'offrir les larges et molles saillies particulières aux grands animaux de cet ordre.

Le dromadaire s'éloigne beaucoup de ces dispositions communes. Les deux doigts de son pied, au lieu d'être séparés et susceptibles de s'écarter à leur extrémité libre, sont réunis inférieurement par un disque corné très souple, portant néanmoins, à sa partie antérieure, deux petits capuchons destinés à envelopper la pointe des phalanges onguéales. Au-dessus de ce disque flexible et légèrement convexe se trou-

vent deux coussins ovoïdes très épais sur lesquels sont couchées horizontalement les deux dernières phalanges de chaque doigt. Ces coussins, enveloppés dans plusieurs lames de tissu fibreux jaune élastique, et fixés aux phalanges par des brides très solides, sont constitués par un tissu particulier rose pâle, peu fibreux, éminemment élastique, mais différent, sous plusieurs rapports, du tissu qui forme le ligament cervical et la tunique abdominale.

Par suite d'une si singulière conformation, le pied du dromadaire possède une extrême flexibilité. Au moment de l'appui, la semelle s'aplatit, les coussins s'affaissent, se rapprochent l'un de l'autre par leur côté interne, et viennent remplir, en partie, l'espace inter-phalangien dont l'excavation diminue très sensiblement à l'extérieur. Une fois que la pression a cessé, le disque corné reprend sa légère incurvation, et les deux coussins reviennent à leur forme première.

Enfin, le pied des solipèdes vient nous révéler d'autres combinaisons dont quelques unes appartiennent déjà à certains des types qui précèdent. Avec son doigt unique enveloppé dans un sabot épais et très dur, il paraît, de prime abord, réunir les dispositions les plus défavorables à l'atténuation des chocs et à l'affaiblissement des réactions; mais en réalité il possède, grâce à son admirable organisation, une élasticité analogue à celle qui se montre si évidente chez tant d'autres espèces.

L'art avec lequel il est construit permet l'alliance des propriétés en apparence les plus incompatibles. D'une part, ce pied, par sa forme élégante, son petit volume, sa grande solidité, se trouve parfaitement en harmonie avec le reste de l'appareil locomoteur d'un animal de taille élevée destiné à une progression rapide sur un sol souvent très dur et couvert d'aspérités; d'autre part, malgré la résistance de son enveloppe, il conserve une certaine flexibilité, et les parties vivantes qui entrent dans sa composition ne souffrent aucune atteinte de leur conflit avec les parties cornées et solides qui les protégent. Tout, dans sa structure, est manifestement disposé pour lui assurer une extrême solidité, lui donner de la souplesse et prévenir les lésions qui pourraient résulter des violences extérieures ou du contact entre les parties solides insensibles et les tissus mous pourvus de sensibilité.

Or, dans ce pied, les trois phalanges placées sur une même ligne droite sont inclinées relativement à l'os du canon, et leur inclinaison varie suivant les degrés de la pression qu'elles supportent. La dernière, complétement enveloppée par le sabot, repose, en partie sur un coussinet triangulaire élastique qu'elle déprime en s'abaissant, lors de l'appui, et qu'elle laisse ensuite revenir à sa forme première; elle porte sur les côtés deux grandes ailes fibro-cartilagineuses flexibles qu'elle entraîne avec elle lors de son mouvement de bascule, et qui s'écartent alors l'une de l'autre sous l'influence de l'élargissement du coussinet plantaire dont elles embrassent les bulbes renflés. A sa face antérieure, elle est tapissée par un tissu dermoïde portant une infinité de lamelles longitudinales destinées à s'engrener avec des lamelles semblables de la partie cornée, et en dessous elle est recouverte d'une autre expansion de même nature dont les innombrables papilles s'engagent dans les tubes capillaires de la sole et de la fourchette. Cette phalange onguéale, une grande partie de la seconde, la base des cartilages et le coussinet élastique, sont contenus dans l'étui corné connu sous le nom de *sabot*. Celui-ci, intimement uni aux tissus qu'il recouvre, se compose : de la paroi, formant presque à elle seule la ceinture qui

entoure l'extrémité inférieure du doigt ; de la sole disposée comme une voûte sur laquelle vient s'appuyer l'os du pied ; et enfin, de la fourchette, sorte de cône flexible qui s'interpose entre les talons et s'élargit lorsqu'ils s'écartent l'un de l'autre. Cette enveloppe, sèche et très dure à l'extérieur, devient insensiblement humide et molle, à mesure qu'elle se rapproche des tissus vivants, et acquiert enfin, à leur contact, une flexibilité, une souplesse égales, pour ainsi dire, à celles de ces tissus eux-mêmes, qu'elle ne peut ainsi nullement blesser lors des chocs les plus brusques et des commotions les plus violentes. Elastique par le fait de sa nature, elle l'est encore par celui de sa forme. Appuyant sur le terrain seulement par le bord inférieur de la paroi et la circonférence de la sole, elle cède un peu sous l'influence de la pression qui fait descendre légèrement l'os du pied avec ses cartilages et déprimer le coussinet plantaire : la paroi, comme un arc subitement détendu, s'ouvre sensiblement en arrière, les talons s'écartent, et la sole perd une partie de sa concavité inférieure. Puis, dès que la pression a cessé, les talons se rapprochent, la sole reprend son incurvation normale, le coussinet plantaire réagit, et l'os du pied, par un mouvement inverse à celui qui l'a fait descendre, revient dans la direction qu'il avait auparavant. En somme, et quoi qu'on en dise, « le sabot, considéré dans son ensemble, n'est pas complétement immuable dans sa forme ; il peut, dans une certaine limite, très restreinte, il est vrai, mais réelle, se prêter à l'effort des pressions intérieures, et revenir, quand elles cessent, à sa forme primitive, ce qui constitue ce qu'on appelle son élasticité. Celle-ci est surtout manifeste dans la partie postérieure de l'ongle, là où l'enveloppe résistante de la paroi est interrompue dans sa continuité et remplacée par la corne plus flexible des glômes de la fourchette et des plaques arciformes du périople. Elle est mise en jeu au moment de l'appui par la somme des pressions que les phalanges transmettent à l'intérieur de la boîte cornée (1). »

Ainsi, par les dispositions ingénieuses qui caractérisent l'agencement des rayons des membres, la structure du pied et des articulations, la nature a pourvu aux moyens d'assouplir les mouvements, d'atténuer la violence des chocs qui se produisent, lors de la progression, entre le sol et les extrémités, d'affaiblir les réactions et de prévenir les effets fâcheux que celles-ci pourraient déterminer sur les principaux viscères de l'économie et les parties les plus délicates de l'appareil locomoteur.

IV. DES DÉPLACEMENTS DU CORPS ET DU CENTRE DE GRAVITÉ.

L'impulsion que les membres donnent au corps produit des déplacements, plus ou moins rapides et plus ou moins étendus, dont il faut déterminer la vitesse et les principaux caractères.

L'étendue de ces déplacements, qui est loin d'être la même pour toutes les allures, peut être très exactement précisée par la voie expérimentale, surtout en ce qui concerne le pas, l'amble et le trot. Déjà nous savons théoriquement que l'espace parcouru par le corps et le centre de gravité, pendant la durée du pas complet d'une allure quelconque, est mesuré par l'amplitude d'une oscillation d'une extrémité,

(1) M. H. Bouley, *Traité de l'organisation du pied du cheval*, Paris, 1851, 1re partie, p. 239.

ou, en d'autres termes, par la distance qui existe entre la foulée qu'un pied vient de quitter et celle qu'il va occuper immédiatement après. Partant de cette donnée, il sera facile de traduire par des chiffres la formule abstraite qui a été établie dans nos précédentes démonstrations. Or, dans le pas très lent, l'espace franchi par une extrémité est à peu près égal à la distance qui existe, lors de la station, entre le pied de devant et celui de derrière du même côté. Dans le pas ordinaire et dans le pas de grande vitesse, cet espace est plus considérable, bien que la piste du pied de derrière ne fasse que recouvrir celle du pied antérieur ; enfin, dans le trot, il est plus que double de la distance qui sépare pendant la station le pied antérieur du pied postérieur.

Cette étendue de l'espace franchi par une extrémité à chacun des déplacements qu'elle effectue n'est pas le seul élément de la vitesse. Celle-ci tient encore à la rapidité avec laquelle les pas se succèdent, rapidité qui, elle-même, dépend de l'instabilité de l'équilibre.

L'instabilité de l'équilibre, regardée depuis longtemps comme la mesure de la vitesse, est moindre dans le pas que dans le trot, moindre dans celui-ci que dans le galop : car, dans le pas, le corps est toujours supporté par deux extrémités qui appartiennent tour à tour à un bipède latéral et à un bipède diagonal ; dans le trot, il est alternativement en l'air et soutenu par un bipède diagonal ; dans le galop, il est successivement sur un seul pied, sur deux et en l'air. Conséquemment, la masse du corps projetée en haut et en avant étant, de plus en plus, en danger de tomber, il faut que les membres se portent en avant avec une rapidité graduellement croissante pour la soutenir. Et l'on conçoit que leur jeu doive arriver à son maximum de rapidité lorsque le tronc est tout à fait détaché du sol et même lorsqu'il est seulement soutenu par un membre.

La vitesse des allures dépend aussi des espèces, de la taille, de la conformation des animaux, de leur vigueur et de certaines conditions musculaires fort difficiles à apprécier. Les vitesses extrêmes sont déployées sur le sol uni des hippodromes par ces légers coursiers que le régime de l'entraînement a préparés à des fatigues de quelques instants. Le tableau suivant peut en donner une idée suffisante (1).

D'autres exemples remarquables de cette vitesse prodigieuse que déploie le cheval de course sont répandus dans les ouvrages d'hippologie. Les plus connus sont ceux de Fling Childers (2) qui parcourut en 6 minutes 40 secondes 5,717 mètres, et en 7 minutes 30 secondes 6,650 mètres ; de l'Eclipse qui ne perdit jamais à aucune course et que les meilleurs chevaux de son temps ne pouvaient suivre au delà de 50 mètres. On peut encore citer, comme exemple d'une vitesse considérable, mais un peu moindre, celui des huit chevaux du comte de Queensbury, qui, attelés à une voiture, firent 9 milles en 4 minutes sur la pelouse de New-Market. Mais il importe de noter que ces vitesses extrêmes ne peuvent être soutenues que quelques instants, et qu'elles appartiennent seulement à des sujets longuement préparés à de semblables exercices.

(1) Extrait d'un relevé des plus grandes vitesses observées sur l'hippodrome de Paris, par M. de Montendre (*Journal des haras*, octobre 1838, p. 55 et suiv.).

(2) *Histoire naturelle agricole des animaux domestiques*, de David Low (*Histoire du cheval*, p. 49).

ESPACES PARCOURUS.										
QUATRE MILLE MÈTRES.							DEUX MILLE MÈTRES.			
NOMS des chevaux.	PREMIÈRE ÉPREUVE.			DEUXIÈME ÉPREUVE.			NOMS des chevaux.	ÉPREUVE UNIQUE.		
	Minutes	Secondes.		Minutes	Secondes.			Minutes	Secondes.	
Corisandre .	5	9	4/5	5	12	1/5	Médéa . . .	2	31	1/5
Félix	4	50	2/5	4	52	3/5	El Pastor. .	2	40	»
Hercule . .	5	1	»	5	»	4/5	Lionel . . .	2	33	»
MissAnnette.	4	52	3/5	5	6	3/5	Sylvio . . .	2	27	»
Agar	4	54	4/5	4	56	1/5	Églée . . .	2	47	3/5
Volante . . .	5	2	2/5	4	56	»	Paméla . . .	2	29	2/5
Franck . . .	4	50	2/5	5	38	»	Clérino . . .	2	31	2/5
Lydia	4	53	2/5	5	4	»	Hercule . . .	2	36	1/5
Frank . . .	4	57	4/5	5	38	»	Iris.	2	27	»
Miss Kelly .	4	59	»	5	4	»	Sylvino . . .	2	25	1/5
Ali-Baba . .	4	55	3/5	»	»	»	Iris.	2	26	»
Eylau . . .	4	56	3/5	4	56	2/5	Belida . . .	2	21	4/5
Corisandre .	4	55	»	5	2	»	Esméralda .	2	25	2/5
Id.	4	53	1/5	5	11	»	Eylau. . . .	2	19	1/5
Frétillon . .	5	2	1/5	4	53	4/5	Frétillon . .	2	17	1/5
Ali-Baba . .	4	56	1/5	4	50	1/5				

Si l'instabilité de l'équilibre varie dans les diverses allures et aux différents temps de chacune d'elles, le centre de gravité éprouve de même des variations nombreuses dans ses déplacements. En effet, pour que le corps soit soutenu sur deux pieds, sur un seul, ou maintenu au-dessus du sol, il faut que ce centre se meuve en divers sens et que ses mouvements compliqués soient en rapport avec le jeu successif de chacune des extrémités. Mais ces déplacements, bien que très nombreux, peuvent se rapporter à deux séries : les uns s'effectuent d'après une direction à peu près verticale; les autres, d'après une direction plus ou moins horizontale.

Les premiers ont, en général, la direction parabolique des projectiles lancés dans l'espace; ils ne sont point rigoureusement parallèles à l'axe du corps ou à la ligne qui divise longitudinalement en deux parties le rectangle que circonscrivent les quatre extrémités. Leur obliquité, relativement à cet axe, doit être sensible, surtout dans le trot et le galop, par suite de combinaisons qui ne se produisent pas dans le jeu des membres des allures les plus lentes.

Les déplacements horizontaux peuvent être représentés par une succession de lignes sinueuses réunissant les extrémités qui, aux différents temps d'une allure, soutiennent la masse du corps. Ceux-ci ne sont pas aussi compliqués que les premiers, car le corps ne fait que passer à l'appui d'un bipède diagonal à un latéral, d'un pied sur deux, etc.

Il est à noter que ces deux ordres de déplacements sont d'autant plus marqués que les allures sont plus lentes, plus relevées, et que l'animal a la croupe et le poitrail plus larges ; mais ils ne sont jamais, dans le sens horizontal, aussi étendus qu'ils devraient l'être : car il est évident que, lorsque le corps est soutenu par un bipède latéral, comme dans l'amble, par exemple, le centre de gravité n'est pas exactement sur la ligne qui réunit les deux extrémités de ce bipède, et c'est parce qu'il ne s'y trouve pas, que la masse du corps tend à tomber du côté des membres levés, lesquels doivent rapidement revenir à l'appui pour le soutenir lors de cette chute.

CHAPITRE XV.

DES DIVERS MOUVEMENTS PROGRESSIFS.

Maintenant que nous connaissons, d'une manière générale, le mécanisme des mouvements de progression, il ne nous reste plus qu'à étudier les particularités que chacun d'eux peut offrir.

I. DU PAS.

On désigne sous ce nom l'allure lente qui est ordinaire à la plupart des animaux quadrupèdes.

Elle appartient au cheval, à l'âne, à l'hémione, au zèbre, au bœuf, au cerf, à la généralité des ruminants, même au dromadaire lorsqu'il marche lentement, à l'hippopotame, au rhinocéros, au porc, et à la plupart des carnassiers, etc.

La succession des extrémités qui caractérise cette allure paraît, de prime abord, facile à saisir ; cependant elle a été assez mal appréciée, depuis Borelli, par la plupart des auteurs qui se sont occupés de mécanique animale. Le célèbre auteur du traité *De motu animalium*, tout en reconnaissant, avec justesse, que dans le pas les membres agissent en diagonale, a prétendu que chaque membre se lève et revient à l'appui isolément, avant que les autres aient effectué la même action, de telle sorte qu'il y aurait constamment un pied levé et trois à l'appui. Bourgelat, Lafosse et Barthez ont relevé cette erreur et ont parfaitement remarqué qu'il y a toujours dans le pas deux pieds en l'air et deux pieds sur le sol ; mais ils ont laissé échapper une foule de détails essentiels qu'il faut chercher dans l'analyse si exacte que M. Lecoq (1) a donnée des allures du cheval.

Le pas comprend quatre temps à peu près d'égale durée. Le commencement de chacun est marqué par le lever d'un pied, et la fin, par le poser d'un autre. Pendant l'un quelconque de ces temps, le pied qui s'est levé le premier effectue la seconde moitié de son oscillation, et le second effectue seulement le premier quart de la sienne. Pour bien reconnaître ces diverses périodes, il y a trois moyens à employer : 1° étudier le pas initial d'un cheval dont les membres ont, à l'instant où il se met en marche, la situation caractéristique de la station forcée ; 2° analyser le même pas d'un cheval qui se trouve arrêté avec les deux pieds d'un bipède diagonal plus

(1) *Traité de l'extérieur du cheval et des principaux animaux domestiques*, 2e édit., 1847.

avancés que les deux pieds de l'autre ; 3° enfin, suivre un pas succédant à un autre pas, sur un animal déjà en mouvement. Voyons ces trois moyens en particulier, et procédons avec méthode, car nous allons rencontrer plus d'une difficulté.

En prenant le cheval qui se met à marcher, ses pieds étant comme ils le sont lors de la station forcée, on voit : qu'au lever du pied antérieur droit succède celui du pied postérieur gauche, puis celui de l'antérieur gauche, et enfin du postérieur droit. Mais, dès que le premier membre levé aura parcouru la moitié du trajet qui lui reste, le second se lèvera, de telle sorte que, d'une part, pendant la première partie de ce temps, le corps sera soutenu par trois membres, au lieu de l'être par deux, et que, d'autre part, il y aura, dans la durée du premier temps, lever de deux pieds, sans que le lever de l'un d'eux coïncide avec le poser d'un autre ; de plus, les deux membres qui auront quitté le sol les premiers ne feront, chacun, qu'une demi-oscillation, c'est-à-dire, ne parcourront que la moitié de leur trajet normal, puisqu'à leur point de départ ils se trouvaient chacun en regard de son correspondant. Ce premier jeu est donc incomplet et irrégulier : incomplet, puisque les deux premiers pieds levés ne font que la moitié de leur trajet ordinaire ; irrégulier, puisque le lever d'un pied ne coïncide pas avec le poser d'un autre, et que le pied qui a entamé l'allure ne reste pas en l'air pendant deux temps successifs, mais seulement pendant un seul. Cette première combinaison ne peut donc donner une idée exacte du pas.

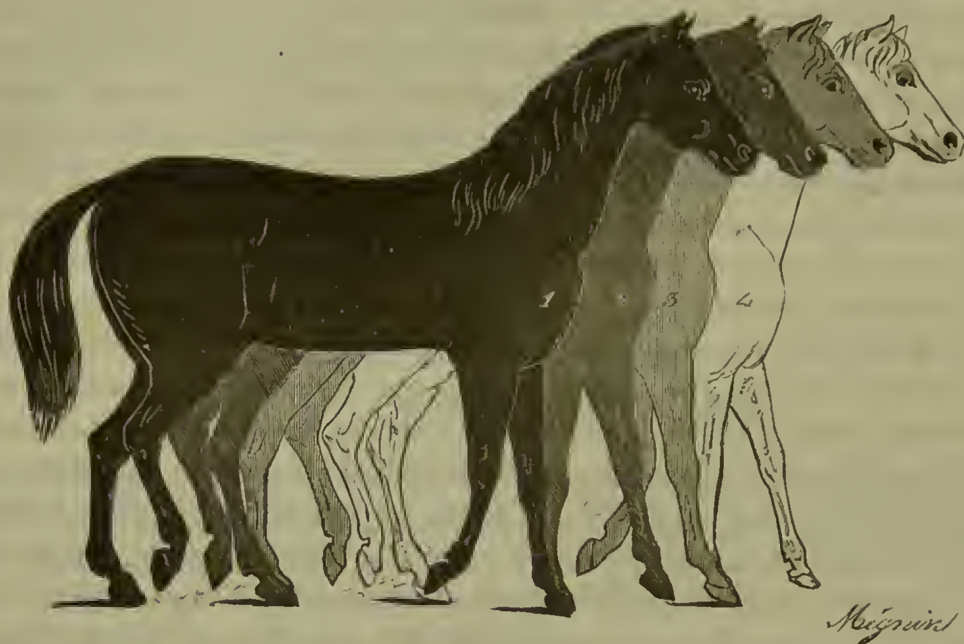
Si l'on examine l'animal qui se remet en marche, après avoir été subitement arrêté à l'instant que deux membres d'un bipède diagonal rencontraient le sol, bien en avant de ceux de l'autre bipède, on peut avoir dès le début un pas complet ou à très peu de chose près, mais on a encore un pas irrégulier. On observe alors que le pied antérieur le plus reculé entame l'allure, et que son lever est suivi du lever du pied postérieur placé en arrière de l'autre : chaque membre fait une oscillation complète ; mais l'irrégularité précédemment indiquée, qui caractérise le pas initial, se reproduit avec une légère modification ; aussi cette nouvelle combinaison, un peu plus avantageuse que la première, ne donne-t-elle point encore les éléments d'une analyse rigoureuse.

Pour bien apprécier la succession et le jeu des extrémités dans l'allure que nous étudions, il faut examiner l'animal déjà en action et faire abstraction du pas initial, ou, en d'autres termes, décomposer un pas succédant à un autre, et cela d'abord lorsque le cheval marche très lentement, puis lorsqu'il marche un peu plus vite, car dans sa progression très lente, le pied qui vient de se lever effectue son appui avant qu'un autre se lève à son tour, de telle sorte que trois membres soutiennent le corps, tandis que le quatrième seulement se trouve en l'air ; encore, dans cette circonstance, y a-t-il un élément d'irrégularité qui sera ultérieurement signalé.

Si donc on suit bien ce qui se passe lorsque l'allure est régularisée, et qu'on prenne le commencement du pas que l'on se propose d'analyser au lever du pied antérieur droit, par exemple, voici dans quel ordre s'effectuera le jeu de chacune des extrémités. Au moment du lever du membre antérieur droit, le membre postérieur du même côté qui s'est levé dans le dernier temps du pas précédent a déjà exécuté une demi-oscillation : le premier est à sa situation initiale quand le second est à sa situation moyenne. Au commencement de ce premier temps il y a lever du membre antérieur droit, à la fin poser du membre postérieur du même côté, dans

l'intervalle une demi-oscillation de chacun d'eux, et pendant toute la durée de cette période, appui sur un bipède latéral. Au commencement du deuxième temps, le pied

Fig. 32.



postérieur gauche se lève ; il est à sa situation initiale, alors que l'antérieur droit est à sa situation moyenne ; à la fin ce dernier appuie : le corps est soutenu par un bipède diagonal. Au début du troisième temps, le membre antérieur gauche se lève, et à la fin, le postérieur du même côté appuie ; le corps est soutenu par un bipède latéral. Enfin, au commencement du quatrième temps, c'est le pied postérieur droit qui se lève, et, à la fin, c'est l'antérieur gauche qui revient l'appui ; le corps est supporté par un bipède diagonal.

Dans ce pas complet et régulier, chaque pied a donc effectué son lever et son appui, et par conséquent, exécuté une oscillation tout entière ; chacun d'eux a été deux temps en l'air et deux temps à l'appui ; seulement, l'un des pieds postérieurs qui s'était levé et avait effectué une demi-oscillation dans le pas précédent opère son action, pour ce qui concerne le pas actuel, en deux fois ; il reporte sur celui-ci la moitié de l'oscillation commencée dans le quatrième temps du pas qui venait de finir. Et c'est par là que les pas qui se suivent empiètent les uns sur les autres, sans pouvoir jamais s'isoler d'une manière absolue.

En reprenant dans ses détails le jeu des extrémités qui vient d'être indiqué dans son ensemble, on note les particularités dont voici les principales :

1° Les membres se lèvent successivement dans l'ordre suivant : antérieur droit, postérieur gauche, antérieur gauche, postérieur droit.

2° Le membre antérieur se lève toujours avant le postérieur qui forme avec lui un bipède diagonal, et, au contraire, après celui avec lequel il forme un bipède latéral.

3° Il y a quatre *levers* et quatre *posers* distincts et successifs effectués suivant un ordre tel, que le premier qui se lève est le premier qui vient à l'appui, et ainsi de suite.

4° Le second pied qui doit se lever quitte le sol avant que le premier soit revenu à l'appui ; de même, le troisième se lève avant le poser du second, etc.

5° Chaque pied est deux temps en l'air et deux temps sur le sol.

6° Chaque membre levé emploie la durée de deux temps entiers à effectuer son oscillation, c'est-à-dire à parcourir le trajet qui sépare la piste qu'il vient de quitter de celle qu'il va occuper.

7° Ces oscillations de deux membres levés ne peuvent ni commencer ni finir ensemble : celle du pied qui le premier a quitté le sol est effectuée à moitié quand celle du pied qui s'est levé le dernier n'est qu'à son début.

8° Il y a toujours deux pieds en l'air et deux à l'appui, si ce n'est au moment où l'allure est entamée.

9° Le corps est alternativement soutenu par un bipède latéral et par un bipède diagonal.

10° Enfin, c'est toujours par le lever d'un pied de devant que commence l'allure : c'est indifféremment par le droit ou le gauche, s'ils se trouvent sur la même ligne transversale, et c'est par le plus reculé dans le cas contraire. Il en est ainsi, non seulement chez les solipèdes, mais encore chez les ruminants, même le dromadaire, chez le rhinocéros, etc.

Tel est le rhythme qui caractérise le pas ordinaire. Les modifications légères qu'il éprouve par le fait du ralentissement ou de l'accélération extrême de l'allure sont faciles à constater.

Si, par exemple, « l'animal remonte un plan incliné, le pas se trouvera nécessairement d'autant plus raccourci que la montée sera plus rapide, puisque le centre de gravité reporté en arrière par la position du corps, ne pourra plus être porté aussi en avant par la même dépense de force musculaire. Le pied postérieur n'atteindra plus la place laissée par l'antérieur, et nous verrons comme dans le trot raccourci, quatre pistes au lieu de deux pour un pas complet. De même, si le cheval est attelé à une voiture pesante, le fardeau à traîner retiendra le centre de gravité, le pas sera raccourci, comme si l'animal remontait une pente; et si le fardeau est très lourd, le temps de l'appui l'emportant en longueur sur celui du soutien, le corps sera presque constamment alors supporté par trois pieds à la fois ; chaque extrémité retardant jusqu'au poser de celle qui l'a précédée dans l'action.

» Si, au contraire, le cheval descend le plan incliné, le centre de gravité, se portant plus en avant, se déplacera plus facilement, le pas s'allongera, et la piste du pied antérieur sera dépassée plus ou moins par celle du pied postérieur ; mais ce résultat n'arrivera que si l'animal est libre ou peu chargé; car s'il a à retenir un fardeau un peu lourd, ou si la pente est très rapide, il aura soin de raccourcir son allure pour éviter d'être entraîné par l'accélération du mouvement (1). »

Les déplacements du centre de gravité dans le pas sont assez compliqués. Ceux qui s'effectuent suivant le sens horizontal sont les plus faciles à saisir. Lorsque le corps est soutenu par un bipède latéral, le centre de gravité se trouve, à peu près, sur le tiers antérieur de la ligne qui réunit les deux extrémités à l'appui; il passe de là au tiers antérieur de la ligne qui réunit les deux pieds d'un bipède diagonal dès que le corps, dans le temps suivant, est soutenu par ces derniers, puis il se porte sur le second bipède latéral, et de celui-ci sur le second bipède diagonal, de telle sorte qu'il a éprouvé, dans un pas complet, quatre déplacements suc-

(1) Lecoq, *Traité de l'extérieur du cheval*, 2e édit., p. 405.

cessifs d'autant plus étendus, que la croupe et le poitrail offrent plus de largeur.

Les déplacements verticaux peuvent être représentés par une succession d'arcs de cercles à convexité supérieure, qui auraient pour cordes les lignes de déplacement dans le sens horizontal; mais ils sont trop compliqués pour être compris sans le secours de figures.

Quant au déplacement total du corps dans un pas entier de l'allure que nous étudions, il peut être apprécié très exactement. Pour cela, il suffit de mesurer l'espace qui sépare deux foulées successives du même pied, c'est-à-dire la distance qui existe entre la piste que quitte un pied et celle où il vient se placer immédiatement après. Cette distance représente précisément l'amplitude de l'oscillation d'une extrémité, amplitude dont l'étendue donne, ainsi que nous l'avons établi précédemment, la mesure de l'espace parcouru par le centre de gravité pendant la durée d'un pas complet d'une allure quelconque.

Le tableau suivant renferme les chiffres obtenus dans une expérience faite avec

PETIT PAS.			PAS ORDINAIRE.			PAS ALLONGÉ.		
NUMÉROS DES FOULÉES.		DISTANCES.	NUMÉROS DES FOULÉES.		DISTANCES.	NUMÉROS DES FOULÉES.		DISTANCES.
		Mètres.			Mètres.			Mètres.
De la 1re	à la 2e	1,15	De la 1re	à la 2e	1,22	De la 1re	à la 2e	1,30
2	3	1,21	2	3	1,30	2	3	1,41
3	4	1,08	3	4	1,24	3	4	1,35
4	5	1,20	4	5	1,26	4	5	1,37
5	6	1,20	5	6	1,25	5	6	1,41
6	7	1,12	6	7	1,29	6	7	1,50
7	8	1,18	7	8	1,32	7	8	1,45
8	9	1,19	8	9	1,28	8	9	1,44
9	10	1,15	9	10	1,27	9	10	1,45
10	11	1,22	10	11	1,26	10	11	1,41
11	12	1,17	11	12	1,26	11	12	1,37
12	13	1,22	12	13	1,27	12	13	1,44
13	14	1,15	13	14	1,32	13	14	1,39
14	15	1,20	14	15	1,28	14	15	1,35
15	16	1,12	15	16	1,28	15	16	1,40
16	17	1,15	16	17	1,30	16	17	1,44
17	18	1,12	17	18	1,27	17	18	1,43
18	19	1,13	18	19	1,25	18	19	1,45
19	20	1,16	19	20	1,29	19	20	1,42
20	21	1,14	20	21	1,31	20	21	1,49
21	22	1,15	21	22	1,28	21	22	1,45
22	23	1,22	22	23	1,31	22	23	1,49
23	24	1,17	23	24	1,27	23	24	1,37
24	25	1,18	24	25	1,32	24	25	1,44
25	26	1,21	25	26	1,28	25	26	1,50

un cheval de 1m,55 de hauteur, et ayant lors de la station 1m,17 entre la pince du pied de derrière et les talons du pied de devant. L'animal marchait sur une allée parfaitement unie, recouverte de sable fin et de terre très divisée, qui conservaient les empreintes avec tous leurs détails. Et afin d'éviter de confondre les pistes lors-

qu'elles se trouvaient très rapprochées ou recouvertes les unes par les autres, on marquait à mesure celles du pied antérieur droit.

Les distances sont prises de la partie antérieure de chaque foulée du pied de derrière à la partie postérieure de la foulée suivante du même pied.

D'après les chiffres qui précèdent, on voit : 1° que dans le pas lent, l'espace parcouru par un pied est, à très peu de chose près, égal à la distance qui, lors de la station, sépare le pied antérieur du postérieur, bien que la piste du second reste en arrière de celle du premier ; 2° que dans le pas ordinaire, l'espace franchi est supérieur à cette distance, quoique les pistes se recouvrent à peine ; 3° enfin, que dans le pas plus rapide, alors que les foulées se recouvrent plus ou moins exactement, l'espace parcouru par une extrémité est bien supérieur à la distance laissée, pendant la station, entre les deux extrémités d'un bipède latéral.

Il en est à peu près ainsi chez le bœuf, comme le montre le tableau suivant. Dans le pas lent de cet animal la piste du pied postérieur reste de 5, 10, 15, 20 centimètres en arrière de celle de l'antérieur ou l'atteint à peine. Les pistes se recouvrent dans le pas ordinaire ; la postérieure dépasse même souvent l'antérieure dans le pas allongé. L'obliquité des mouvements des membres fait quelquefois que les pistes qui devraient se recouvrir se trouvent l'une à côté de l'autre sur la même ligne transversale.

PAS LENT.		PAS ORDINAIRE.		PAS ALLONGÉ.		OBSERVATIONS.
NUMÉROS DES FOULÉES.	DISTANCES.	NUMÉROS des foulées	DISTANCES.	NUMÉROS des foulées	DISTANCES.	
De la 1re à la 2e	1,25	1	1,53	1	1,81	Bœuf haut de
2	1,38	2	1,57	2	1,85	1^m,48.
3	1,25	3	1,64	3	1,78	
4	1,39	4	1,67	4	1,80	Distance moyenne,
5	1,45	5	1,65	5	1,87	lors de la sta-
6	1,43	6	1,72	6	1,80	tion, entre le
7	1,07	7	1,71	7	1,85	pied de devant
8	1,55	8	1,74	8	1,79	et le pied de
9	1,58	9	1,64	9	1,84	derrière, 1^m,25.
10	1,56	10	1,60	10	1,68	
11	1,50	11	1,67	11	1,80	
12	1,25	12	1,70	12	1,95	Les distances sont
13	1,28	13	1,55	13	1,88	prises de la par-
14	1,38	14	1,68	14	1,87	tie antérieure
15	1,35	15	1,78	15	1,87	d'une piste à
16	1,30	16	1,70	16	1,75	la partie an-
17	1,22	17	1,67	17	1,80	térieure de la
18	1,40	18	1,68	18	1,90	piste suivante
19	1,34	19	1,70	19	1,70	du même pied.
20	1,30	20	1,67	20	1,95	
21	1,10	21	1,64	21	1,78	
22	1,38	22	1,70	22	1,80	
23	1,10	23	1,70	23	1,87	
24	1,15	24	1,50	24	1,85	
25	1,30	25	1,77	25	1,79	

L'éléphant a un pas dans lequel la piste du pied de derrière recouvre aussi celle du pied de devant; mais l'espace parcouru par un des pieds est de beaucoup plus considérable que la distance qui, lors de la station, sépare l'antérieur du postérieur. Le rhinocéros, au pas ordinaire, laisse la piste du pied postérieur à 25, 30 centimètres de l'antérieure; ces pistes ne viennent à se toucher, sans se recouvrir, que dans le pas allongé.

ÉLÉPHANT.		ÉLÉPHANT.		RHINOCÉROS.		OBSERVATIONS.
NUMÉROS des foulées.	DISTANCES.	NUMÉROS des foulées	DISTANCES.	NUMÉROS des foulées	DISTANCES.	
De la 1re à la 2e	1,72	12	2,00	1	1,25	Éléphant. Distance, lors de la station, entre le pied de devant et le pied de derrière, 0m,80. Les distances sont prises de la partie antérieure d'une empreinte à la partie antérieure de l'empreinte suivante du même pied. Rhinocéros. Distance, lors de la station, entre le pied de devant et celui de derrière, 1m,26.
2	1,97	13	2,08	2	1,56	
3	1,90	14	1,53	3	1,10	
4	1,70	15	2,15	4	1,65	
5	1,24	16	2,10	5	1,70	
6	1,63	17	2,25	6	1,10	
7	1,84	18	2,20	7	1,20	
8	2,00	19	2,15	8	1,80	
9	2,03	20	2,21	9	1,65	
10	1,88	21	2,05	10	1,30	
11	2,12	22	2,15	11	1,70	

Le pas est l'allure propre à la plupart des quadrupèdes de moyenne taille et à ceux de haute stature. Ils la prennent naturellement, sans le secours de l'éducation, ni de l'exercice; mais on ignore pourquoi la girafe, l'hyène et d'autres ont une allure différente.

Elle convient parfaitement aux animaux qui traînent de lourds fardeaux et à ceux qui supportent des charges considérables; elle leur permet alors de déployer la plus grande somme de forces avec aussi peu de fatigue que possible.

II. DE L'AMBLE.

L'amble est une allure caractérisée par le jeu alternatif des deux bipèdes latéraux, et dans laquelle il y a constamment deux pieds levés et deux pieds à l'appui.

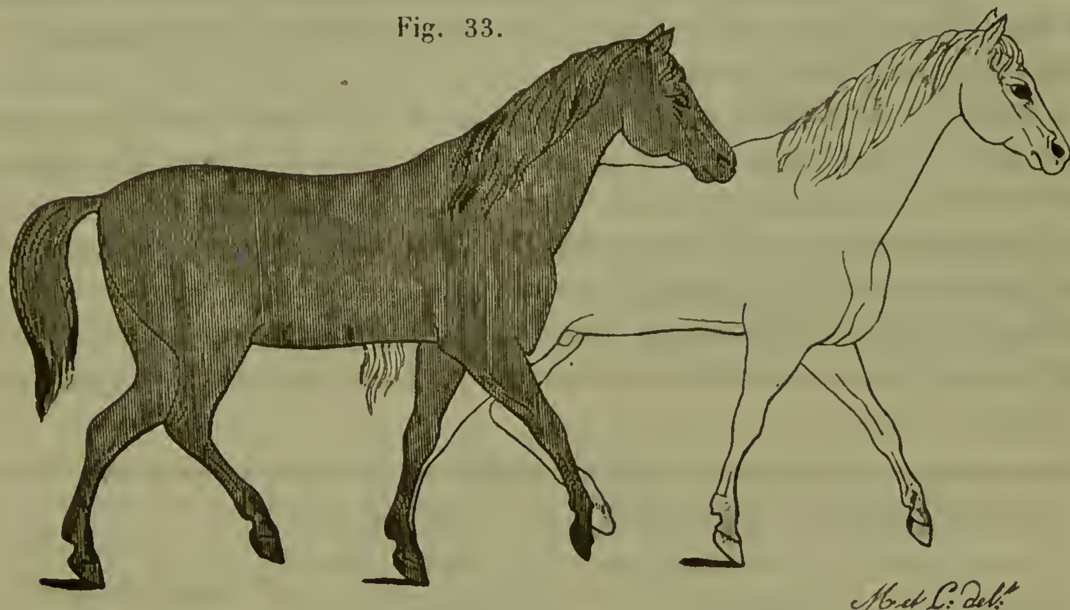
Dans cette allure, plus simple et plus rapide que le pas, les deux membres du même côté, l'antérieur et le postérieur, se lèvent ensemble, parcourent simultanément leur trajet, et retombent à la fois sur le sol, puis les deux autres du côté opposé se lèvent à leur tour, se portent en avant et reviennent à l'appui; après quoi les premiers recommencent leur action, et ainsi de suite, sans aucune interruption.

Le pas complet de l'amble se compose de deux temps égaux : l'un pendant lequel le bipède latéral droit est en l'air et le gauche à l'appui; l'autre pendant lequel, au contraire, le bipède latéral gauche est en l'air et le droit à l'appui. Dans chacun de ces temps, les deux membres d'un bipède se lèvent, parcourent leur trajet et reviennent sur le sol ensemble; leurs oscillations sont de même amplitude et parfaitement isochrones : l'instant de leur poser est celui du lever des deux membres

de l'autre bipède, de telle sorte qu'il n'y a point, comme dans le trot et le galop, de temps intercalaire pendant lequel le corps se trouve complétement en l'air.

Dans l'amble régulier des solipèdes, les deux membres qui jouent ensemble conservent toujours leur parallélisme. Au commencement de leur action, c'est-à-dire à leur lever, ils sont obliques de haut en bas et d'avant en arrière ; au milieu de leur course, ils sont verticaux, et à l'instant de leur poser, ils prennent une obliquité inverse à celle du début de leur oscillation. Leur appui, qui s'effectue au même instant, pour les deux pieds du même côté, ne fait entendre qu'une battue, mais laisse deux foulées distinctes, celle de l'extrémité postérieure dépassant plus ou moins celle de l'extrémité antérieure ; en tout deux battues et quatre foulées pour un pas complet de cette allure.

Fig. 33.



L'amble présente suivant les âges et les espèces plusieurs variétés remarquables.

Quelquefois, surtout lorsque l'allure est lente, les deux pieds d'un bipède latéral ne se lèvent pas en même temps et appuient l'un après l'autre, quoique à un très court intervalle ; leurs battues deviennent alors distinctes, bien que celles des extrémités du même côté soient très rapprochées. Cette variété, qui s'observe assez fréquemment sur les animaux jeunes, sur les sujets affaiblis ou fatigués, et notamment quand leur progression est très lente, tient le milieu entre l'amble régulier et le pas ordinaire ; elle offre, dans la succession des extrémités, une combinaison analogue à celle des deux temps du pas pendant lesquels le corps est supporté par un bipède latéral, le pied antérieur s'étant levé après le postérieur du même côté.

Une seconde modification de l'amble s'observe chez la girafe. Les deux membres de chaque bipède latéral de ce ruminant n'ont point une action tout à fait simultanée ; ils ne se lèvent point ensemble et ne reviennent pas à l'appui au même instant. Le pied postérieur entame l'allure, et, à chaque temps, il continue à se lever avant l'antérieur du même côté ; aussi y a-t-il quatre temps distincts dans cette allure, dont deux très courts et deux autres beaucoup plus longs. Si l'amble débute par le lever du pied postérieur droit, par exemple, il y a à l'appui, dans le premier temps, le bipède latéral gauche et le pied antérieur droit ; dans le second, le bipède latéral gauche ; dans le troisième, le bipède latéral droit et le membre antérieur gauche ; enfin,

dans le quatrième, le bipède latéral droit. La distance qui sépare le lever du pied antérieur de celui du pied postérieur du même côté, devient d'autant plus grande que l'allure est plus ralentie. Dans l'amble très lent, le pied antérieur ne se lève, pour ainsi dire, que lorsque le postérieur vient le chasser, tandis qu'il quitte le sol à peu près en même temps que l'autre, lorsque l'allure est rapide. Enfin, dès que l'amble a acquis une certaine vitesse, il ressemble tout à fait à celui des solipèdes. Du reste, quelles que soient la rapidité ou la lenteur de ce mode de progression, la foulée du pied de derrière dépasse de beaucoup celle du pied de devant.

Il est à noter que l'amble est le mode ordinaire de progression de la girafe. Cet animal ne va jamais au pas, quoi qu'en aient dit les auteurs arabes cités par Barthez. Seulement quelquefois, le ruminant change de place en faisant agir ses membres en diagonale, et alors, contrairement à l'assertion de Damir, c'est le pied antérieur qui se porte le premier en avant.

L'amble du dromadaire présente sensiblement les mêmes caractères que celui de la girafe; il se substitue au pas dès que la progression devient un peu rapide. Si l'on examine le dromadaire marchant avec lenteur, on voit très manifestement que les deux pieds du même côté n'agissent point ensemble, le postérieur appuie alors que l'antérieur se lève, et la piste du premier reste en arrière de celle du second. Ce n'est qu'à partir du moment où l'animal est un peu pressé qu'il va l'amble. Sa marche lente est une allure bâtarde tenant du pas et de l'amble sans être absolument ni l'un ni l'autre.

1er DROMADAIRE.		2e DROMADAIRE.		GIRAFE.		OBSERVATIONS.
NUMÉROS des foulées	DISTANCES.	NUMÉROS des foulées	DISTANCES.	NUMÉROS des foulées	DISTANCES.	
1	1,82	1	1,40	1	1,45	Le premier dromadaire est plus grand que le second. La distance entre le pied de devant et celui de derrière dans la station est de 1m,18.
2	1,87	2	1,65	2	1,70	
3	2,00	3	1,70	3	2,10	
4	2,20	4	1,80	4	1,40	
5	2,10	5	1,80	5	1,85	
6	2,15	6	1,70	6	1,70	
7	2,12	7	1,72	7	1,75	
8	2,20	8	1,75	8	1,80	Distances prises comme pour le bœuf, l'éléphant, etc.
9	2,10	9	1,70	9	1,75	
10	2,03	10	1,75	10	1,70	
11	2,13	11	1,76	11	1,10	Girafe. Distance, lors de la station, entre le pied antérieur et le pied postérieur, 1m,21.
12	2,25	12	1,83	12	1,90	
13	2,10	13	1,70	13	1,40	
14	2,10	14	1,85	14	1,65	
15	2,20	15	1,82	15	1,35	
16	2,30	16	1,95	16	1,23	La piste du pied de derrière vient dépasser celle du pied de devant de 60 à 80 centimètres.
17	2,05	17	1,90	17	1,65	
18	2,07	18	1,91	18	1,60	
19	2,20	19	1,75	19	1,75	
20	2,30	20	1,95	20	1,72	

Les déplacements que le centre de gravité éprouve dans l'amble sont plus simples

que ceux du pas. Les déplacements suivant le sens horizontal peuvent être représentés par des lignes obliques réunissant le tiers antérieur de la ligne de jonction des deux membres d'un bipède latéral avec le tiers antérieur de la même ligne de l'autre bipède. Ils sont aussi étendus que possible, puisque le centre de gravité passe alternativement de la limite droite à la limite gauche du rectangle circonscrit par les membres. Aussi l'instabilité extrême de l'équilibre, rendant la chute sans cesse imminente, nécessite-t-elle une rapide succession des extrémités.

Les déplacements verticaux consistent essentiellement en deux paraboles dont les cordes obliques, relativement à la ligne qui prolonge l'axe du corps, sont précisément les lignes des déplacements horizontaux ; mais les premiers sont moins considérables que ceux du pas et du trot, car le cheval ambleur rase le tapis.

L'espace parcouru dans l'amble par le jeu successif des quatre extrémités est égal, d'après M. Lecoq, à celui du pas, mais la vitesse de la première allure est évidemment supérieure à celle de la seconde, à cause de la différence très marquée qui s'observe en faveur de l'amble dans la célérité avec laquelle s'effectuent les déplacements des membres.

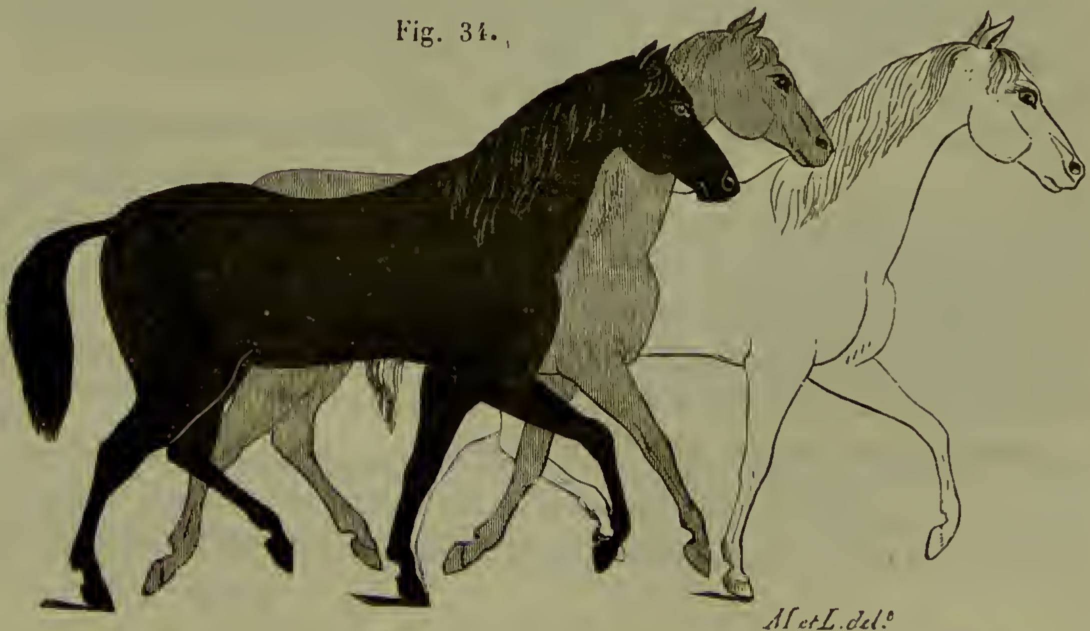
L'amble est une allure assez douce dont les réactions sont moins pénibles que celles du trot. Sa vitesse compense le brillant et l'élégance qui lui manquent. Naturel à certains chevaux, il est quelquefois le résultat momentané de l'éducation, de l'âge et de la faiblesse des animaux.

III. DU TROT.

C'est une allure dans laquelle chaque bipède diagonal est alternativement au lever et à l'appui.

Elle s'effectue en trois temps très distincts : dans le premier, le corps est sup-

Fig. 34.



porté par les deux membres du bipède diagonal droit ; dans le second, il est en l'air ; et dans le troisième, il est soutenu par le bipède diagonal gauche.

Il est très facile de se rendre compte du jeu des extrémités à chacune de ces trois périodes successives. Pendant le premier temps, les deux membres du bipède diagonal droit, par exemple, c'est-à-dire l'antérieur droit et le postérieur gauche, se

lèvent ensemble et viennent, à la fois, rencontrer le sol en ne faisant entendre pour les deux qu'une seule battue. Mais avant qu'ils reviennent à l'appui, les deux membres du bipède diagonal opposé se lèvent, car le pied postérieur doit se placer dans la piste du pied antérieur et très souvent la dépasser. C'est là ce qui constitue le temps intercalaire durant lequel la masse du corps, privée d'appui, se trouve tout à fait suspendue en l'air. Enfin, dans le troisième temps, d'une durée égale à celle du premier, le bipède diagonal gauche parcourt son trajet de la même manière que l'autre bipède. Les membres se meuvent donc par paires, l'antérieur droit avec le postérieur gauche, l'antérieur gauche avec le postérieur droit. Les deux de chaque bipède se lèvent, effectuent leur oscillation et retombent sur le sol l'un avec l'autre. Il n'y a qu'une battue pour chacun, et, par conséquent, que deux battues dans un pas complet.

Dans le trot ordinaire, le pied de derrière venant prendre la place laissée par le pied de devant, on ne compte que deux foulées pour les quatre extrémités ; mais dans le trot de grande vitesse, le pied postérieur dépassant fréquemment l'empreinte de l'antérieur, il y a quatre foulées rassemblées deux à deux. La même particularité s'observe aussi fort souvent dans le trot de moyenne vitesse. Enfin, dans le tout petit trot, le pied postérieur n'atteint pas la piste du pied antérieur ; il vient à l'appui avant que celui-ci se soit levé. Cette fois, l'allure n'a plus que deux temps, la période de suspension est supprimée, et les extrémités laissent, chacune, sur le sol, leur empreinte isolée, la postérieure en arrière de l'antérieure du même côté.

Les déplacements du centre de gravité dans le trot sont à peu près aussi simples que dans l'amble. Ceux qui s'opèrent suivant le sens horizontal peuvent être traduits par une succession de lignes partant chacune du tiers antérieur de l'espace qui sépare les deux pieds d'un bipède diagonal pour aller rejoindre le même point de l'espace semblable qui sépare ceux du bipède opposé. Quant aux déplacements verticaux, ils doivent évidemment consister en deux courbes paraboliques dont l'étendue varie avec la vitesse et l'élévation de l'allure.

Le déplacement absolu de la masse du corps ou l'espace parcouru pendant un pas complet du trot est très considérable. L'expérience prouve qu'un membre, soit antérieur, soit postérieur, parcourt, de son lever à son appui, un espace qui, dans le trot, est au moins double de ce qu'il est dans le pas, ce dont il est facile de s'assurer en opérant, comme je l'ai dit précédemment, avec un cheval qui porte à chaque pied un fer d'une forme particulière. On voit, par ce moyen, qu'entre la piste qu'un pied vient de quitter et celle où il retombe ensuite, il y a une distance énorme dont les chiffres suivants donnent une idée suffisante.

DISTANCES SÉPARANT LES FOULÉES SUCCESSIVES DU MÊME PIED.				DISTANCES SÉPARANT LES FOULÉES SUCCESSIVES DU MÊME PIED.			
Numéros des intervalles.	Mètres.	Numéros des intervalles.	Mètres.	Numéros des intervalles.	Mètres.	Numéros des intervalles.	Mètres.
1	2,13	17	2,50	1	2,50	17	2,80
2	2,30	18	2,54	2	2,68	18	2,86
3	2,40	19	2,55	3	2,71	19	2,82
4	2,37	20	2,55	4	2,82	20	2,87
5	2,35	21	2,60	5	2,85	21	2,87
6	2,50	22	2,67	6	2,80	22	2,85
7	2,50	23	2,66	7	2,90	23	2,86
8	2,52	24	2,64	8	2,84	24	2,77
9	2,61	25	2,63	9	2,77	25	2,75
10	2,55	26	2,72	10	2,82	26	2,80
11	2,61	27	2,80	11	2,80	27	2,87
12	2,55	28	2,74	12	2,80	28	2,91
13	2,61	29	2,85	13	2,74	29	2,83
14	2,60	30	2,77	14	2.69	30	2,92
15	2,60	31	2,81	15	2,73	31	2,80
16	2,61	32	2,79	16	2,76	32	2,87
Premier cheval. — Taille, 1m,53. — Distance, lors de la station, entre les pieds antérieurs et les postérieurs, 1m,17.				Deuxième cheval. — Taille 1m,61. — Distance entre les pieds de devant et ceux de derrière pendant la station, 1m,15.			

La vitesse du trot peut donc s'expliquer autant par l'étendue de l'espace que parcourt chacune des extrémités que par la rapidité même avec laquelle se fait la succession de ces dernières. Elle varie, du reste, beaucoup, suivant que l'animal projette plus ou moins les membres en avant et suivant le degré de leur élévation au-dessus du sol.

Cette allure, dont les réactions sont, en général, si dures, appartient presque exclusivement aux solipèdes ; encore n'y acquiert-elle pas toute sa régularité sans le secours de l'éducation et de l'exercice : aussi le zèbre, le dauw, l'hémione, trottent-ils moins bien que le cheval. Elle constitue un mode de progression que l'animal prend dès qu'on précipite sa marche, et qui devient l'intermédiaire entre le pas et le galop.

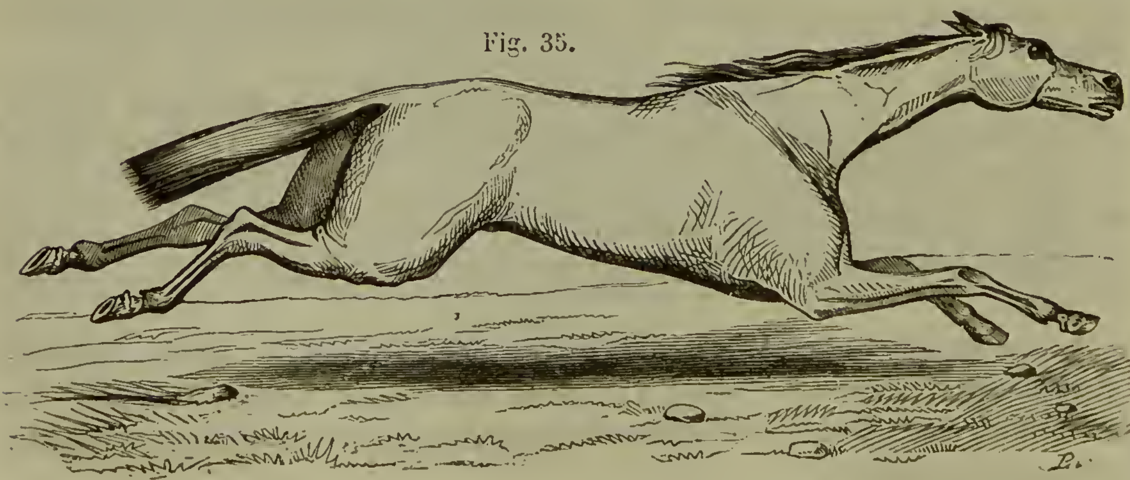
Le trot du bœuf a les mêmes caractères et acquiert souvent autant d'étendue et de vitesse que celui du cheval. Les pistes postérieures viennent recouvrir les antérieures ou se placer à côté d'elles, et quelquefois même les dépasser. (Voyez le tableau page suivante.)

DISTANCES SÉPARANT LES FOULÉES SUCCESSIVES DU MÊME PIED.						OBSERVATIONS.
PETIT TROT.		TROT DE VITESSE MOYENNE.		GRAND TROT.		
Numéros des intervalles.	Mètres.	Numéros des intervalles.	Mètres.	Numéros des intervalles.	Mètres.	
1	1,77	1	2,05	1	2,65	Bœuf haut de 1^m,48.
2	1,81	2	2,15	2	2,70	
3	1,82	3	2,03	3	2,73	
4	1,87	4	2,00	4	2,77	Distance, lors de la station, entre le pied de devant et celui de derrière, 1^m,25.
5	1,90	5	2,05	5	2,85	
6	1,90	6	2,03	6	2,85	
7	2,00	7	2,01	7	2,93	
8	1,87	8	2,00	8	2,75	
9	1,90	9	2,00	9	2,83	
10	1,90	10	2,04	10	2,84	
11	1,93	11	2,10	11	2,85	
12	1,98	12	2,15	12	2,75	
13	1,90	13	2,20	13	2,80	
14	1,95	14	2,40			
15	1,87	15	2,34			

IV. DU GALOP.

On appelle ainsi l'allure la plus rapide des solipèdes, celle dans laquelle le jeu des extrémités est le plus difficile à saisir. Elle présente plusieurs variétés qui peuvent se rapporter à deux principales, caractérisées par le nombre de battues distinctes

Fig. 35.



que les pieds font entendre dans un pas complet : la première est le *galop à trois temps*, comprenant le galop de chasse et le galop de course ; la seconde est le *galop à quatre temps*, ou le galop de manége.

Galop à trois temps. — Celui-ci n'est autre chose que le galop ordinaire, tant qu'il conserve une vitesse moyenne, et le galop forcé ou de course, lorsqu'il arrive

à un degré extrême de rapidité, et paraît constitué par une série de sauts d'une grande étendue. La première de ses modifications est celle qu'il faut étudier tout d'abord pour bien apprécier l'ordre suivant lequel les membres se succèdent dans les autres variétés de l'allure.

Le pas complet du *galop ordinaire* est marqué par trois battues : la première est celle d'un pied postérieur ; la seconde, celle d'un pied antérieur et d'un pied postérieur formant un bipède diagonal ; la troisième, celle d'un pied antérieur suivie d'un temps très court pendant lequel le corps est complétement en l'air. Ainsi, en supposant que le cheval galope à droite, c'est-à-dire que chaque membre droit soit constamment plus avancé que son correspondant du bipède latéral gauche ; le corps, à partir du moment où il est sans appui, tombera : 1° sur le membre postérieur gauche ; 2° sur le membre postérieur droit et l'antérieur gauche ; 3° sur l'antérieur droit, après quoi il se retrouvera en l'air, puis retombera sur les extrémités dans le même ordre qu'auparavant.

Le jeu des extrémités a lieu alors de telle sorte que, sitôt après son appui, chaque pied se relève et se retrouve en l'air avant que ceux qui doivent appuyer ensuite aient effectué leur battue ; d'où il résulte que l'une quelconque des extrémités est un temps à l'appui et trois temps en l'air, pendant la durée d'un pas complet. Ce jeu des membres n'a pas, dans le galop, cette symétrique régularité qui caractérise les autres allures, et il diffère suivant que le cheval galope à droite ou à gauche. Lorsqu'il galope à droite, la foulée de chaque pied du bipède latéral droit dépasse celle de chaque pied correspondant du bipède latéral gauche ; de plus, le membre antérieur gauche et le postérieur droit, venant toujours ensemble à l'appui, se fatiguent moins que l'antérieur droit et le postérieur gauche qui y arrivent isolément. Lorsqu'il galope à gauche, c'est précisément l'inverse qui s'observe : les pistes gauches se trouvent en avant des droites, les deux pieds du bipède diagonal droit ont une battue commune, et les deux autres pieds des battues isolées. Il est des chevaux qui galopent tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre ; le plus habituellement, ils le font toujours dans le même sens ; mais s'ils décrivent un cercle, ils galopent à droite en tournant à droite, ou, si l'on veut, ils entament du côté du centre du cercle dans lequel ils se meuvent. Le contraire n'arrive que par exception.

Les empreintes que le pied laisse sur le sol dans le galop ordinaire, se trouvent réparties assez régulièrement sur une ligne presque droite. Si l'animal galope à droite, on les trouve disposées dans l'ordre suivant : 1° celle du pied postérieur gauche, 2° du pied postérieur droit, 3° de l'antérieur gauche, 4° de l'antérieur droit. S'il galope à gauche, elles se succèdent autrement : on a d'abord celle du pied postérieur droit, puis celle du postérieur gauche, de l'antérieur droit et de l'antérieur gauche. Dans tous les cas, il est à noter que l'empreinte du pied antérieur qui tombe isolément n'est pas séparée de celle du pied postérieur qui tombe seul par un espace plus considérable que chacun des autres, bien que cet espace corresponde au temps pendant lequel le corps est complétement en l'air.

Les déplacements du centre de gravité qui s'opèrent dans le galop sont assez complexes suivant le sens horizontal ; ils peuvent être représentés par une ligne qui se porte d'un pied postérieur au tiers antérieur de celle qui joint les deux extré-

mités d'un bipède diagonal, et de là au second pied qui effectue une battue isolée. Les déplacements verticaux, plus simples, se réduisent à une série de courbes paraboliques.

Dans le *galop de course*, ou le galop forcé, la succession des extrémités ne diffère point, comme l'ont bien fait remarquer MM. Richard et Lecoq, de celle qui caractérise le galop ordinaire. C'est par erreur que la plupart des auteurs (1) disent plus ou moins explicitement que cette variété de galop se fait en deux temps marqués par deux battues, l'une pour les pieds de devant, l'autre pour les pieds de derrière, et qu'elle se réduit, par conséquent, à une série de sauts plus ou moins étendus. Une étude un peu attentive du galop de course semble indiquer qu'il ne consiste pas en une suite de sauts et qu'il s'effectue, de même que le galop ordinaire, en trois temps et trois battues ; car, d'une part, les deux membres du bipède antérieur et du bipède postérieur ne sont jamais sur la même ligne, l'un étant toujours beaucoup plus avancé que l'autre, et, d'autre part, les foulées ou les pistes sont absolument disposées comme dans le dernier, c'est-à-dire à peu près uniformément espacées sur une ligne légèrement sinueuse.

Les oscillations des extrémités offrent dans le galop quelques particularités qui les distinguent de celles des autres allures. Déjà, dans le pas, les oscillations des membres levés sont un peu plus longues que celles des membres à l'appui. Ici, les premières ont une durée qui est peut-être trois fois égale à celle des secondes. Aussi l'espace que parcourt chaque pied du cheval qui galope est-il de beaucoup plus considérable que celui mesuré par chaque pied du cheval qui va au pas, à l'amble ou au trot ; son étendue, qui est de quatre, cinq et même six mètres, suivant la vitesse de l'allure, s'explique par ce fait remarquable, que la piste abandonnée par un pied est séparée de celle où il vient retomber par les pistes des autres pieds. On s'assure que les choses se passent bien ainsi en expérimentant, comme il a été dit précédemment, avec un cheval dont les pieds portent chacun un fer de forme particulière facile à reconnaître sur le terrain. Par des essais de ce genre, que j'ai entrepris de concert avec M. Bouley, nous avons rassemblé les éléments du tableau suivant :

(1) Bourgelat, *Traité de la conformation extérieure du cheval*, 8e édit., p. 222. — Lafosse, *Cours d'hippiatrique*, p. 191. — Barthez, *Nouvelle mécanique*, etc., p. 110 et suiv. — Cuvier, *Anatomie comparée*, 2e édit., t. II, p. 134. — Girard, *Traité d'anatomie vétérinaire*, t. I, 4e édit. — Müller, *Manuel de physiologie*, 2e édit., t. II, p. 123. — Dugès, *Traité de physiologie*, t. II, p. 171.

NUMÉROS DES PAS.	ÉTENDUE DES PAS.	NUMÉROS DES PAS.	ÉTENDUE DES PAS.	OBSERVATIONS.
Galop ordinaire.		**Galop ordinaire.**		
	Mètres.		Mètres.	
1re	4,45	26	4,90	Cheval haut de $1^m,61$.
2	4,45	27	4,97	
3	4,55	28	5,00	Distance, lors de la station, entre les pieds antérieurs et les postérieurs, $1^m,15$.
4	4,56	29	4,90	
5	4,45	30	4,91	
6	4,44	31	4,80	
7	4,23	32	5,05	
8	4,35	33	4,95	
9	4,30	34	4,85	L'étendue d'un pas est mesurée par l'espace qui sépare la foulée d'un pied de la foulée suivante du même pied (de la pince à la pince).
10	4,75	35	4,70	
11	4,80	36	5,01	
12	4,80	37	4,76	
13	4,95	38	4,75	
14	4,94	39	4,56	
15	4,93	40	4,56	
16	4,93			
17	4,95	**Galop de course.**		Ces deux foulées successives du même pied sont séparées par les foulées intercalaires de trois autres pieds.
18	5,00			
19	4,95			
20	4,80	1	5,25	
21	4,85	2	5,30	
22	4,77	3	5,40	
23	4,94	4	5,60	
24	4,95	5	5,90	
25	4,80	6	6,00	

Le cheval lancé au galop de course porte la tête au vent, l'encolure étendue; ses membres s'élèvent à peine au-dessus du sol; ils se fléchissent très peu et semblent effleurer le terrain, tant la durée de leur appui est courte. Sa vitesse, qui peut alors dépasser 14 mètres par seconde, tient, à la fois, à l'étendue de l'espace embrassé pendant l'oscillation d'une extrémité, et à la rapidité avec laquelle ces oscillations se succèdent : tel cheval est bon coureur, surtout par l'étendue de l'espace qu'il mesure à chaque pas; tel autre l'est principalement par la célérité excessive avec laquelle les pas se répètent.

Galop à quatre temps. — Cette seconde espèce de galop, peut-être un peu plus élégante, mais moins rapide et plus relevée que la première, en diffère en ce que les deux membres du bipède diagonal qui agissaient ensemble effectuent isolément leur lever et leur appui, de telle sorte qu'il y a, cette fois, quatre battues marquant quatre temps distincts. La battue du membre postérieur gauche marque le premier; celle du postérieur droit, le second; celle de l'antérieur gauche, le troisième; enfin, la battue de l'antérieur droit indique le quatrième (1).

(1) C'est là, du moins, l'ordre qui est donné par la plupart des auteurs : Buffon, *Histoire naturelle*, t. IV, p, 191, édit. royale 1753. — Barthez, ouvrage cité, p. 111. — Richard, ouvrage cité, p. 345.

La vitesse de cette espèce de galop est de beaucoup inférieure à celle du galop de course et même du galop de chasse, comme on peut le voir par les chiffres suivants :

NUMÉROS DES PAS.	ÉTENDUE. DES PAS.	NUMÉROS DES PAS.	ÉTENDUE DES PAS.	OBSERVATIONS
	Mètres.		Mètres.	
1	2,45	9	3,34	Cheval de la taille de 1m,61.
2	2,43	10	3,35	
3	2,85	11	3,85	Distance, lors de la station, entre le bipède antérieur et le térieur, 1m,15.
4	2,95	12	3,80	
5	3,25	13	3,37	
6	3,35	14	3,95	
7	3,33	15	3,94	Les pistes sont mesurées de la pince à la pince.
8	3,17	16	4,00	

V. DU SAUT.

Le saut est l'acte par lequel le corps, détaché du sol, est lancé en haut et en avant à une plus ou moins grande distance.

Il constitue un acte simple, tout à fait isolé dans la progression de certains animaux, ou bien un acte associé à d'autres mouvements, tels que le trot et le galop des grands quadrupèdes. Dans le premier cas, il s'opère par un mécanisme spécial qu'il faut examiner avec soin pour être à même d'apprécier les théories qui en ont été données par les physiologistes.

Le saut ne peut s'effectuer sans être précédé d'un temps de préparation facile à reconnaître chez la plupart des animaux. Celle-ci consiste, comme l'a fait remarquer Borelli, en une flexion des diverses articulations des membres, d'autant plus prononcée que le saut a plus d'élévation et d'étendue. C'est bien à tort que Barthez (1) et d'autres auteurs ont prétendu que cet acte préliminaire se trouvait complété par une extension subite des articulations préalablement fléchies : la détente opérée par les muscles extenseurs destinés à élever le corps et à le lancer en avant ne peut être considérée comme préparatoire ; elle fait partie intégrante du saut et ne s'en distingue point, quoique Galien ait cru observer le contraire sur la chèvre sauvage. La préparation est surtout marquée dans le saut des animaux, tels que le chat, le lion, la panthère, dont les bonds si souples ont une étendue considérable; elle l'est beaucoup moins chez les quadrupèdes dont le saut n'est pas un mode habituel de progression.

Une fois les articulations fléchies, les muscles extenseurs se contractent énergiquement, redressent les rayons des membres, et développent la force qui détache le corps du sol, pour lui faire décrire une courbe parabolique analogue à celle des projectiles lancés dans l'espace par une impulsion instantanée.

C'est évidemment des membres postérieurs que dérive la puissance de projection

(1) Ouvrage cité, p. 80 et 84.

destinée à mettre en mouvement la masse du corps : elle est produite par les deux à la fois, si le saut est simple, comme chez le lièvre, le lapin, la gerboise, la chèvre, le chat, etc., et par un seul s'il est associé à une allure rapide, telle que le trot ou le galop ; car, dans ce dernier cas, les deux membres abdominaux ne se trouvent jamais ensemble à l'appui. Les muscles qui y contribuent le plus sont les extenseurs du jarret ou du métatarse, ceux de la jambe, et enfin du boulet, c'est-à-dire des articulations métacarpo et métatarso-phalangiennes chez les mammifères ongulés, notamment les solipèdes et les ruminants. Les extenseurs de la cuisse, le grand ilio-trochantérien et le petit fessier y prennent aussi une part notable.

Les membres thoraciques agissent ici de concert avec les précédents, surtout dans le saut vertical. Leur participation au développement de la force de projection est aussi incontestable qu'elle est énergique ; il suffit, pour s'en faire une idée, de se rappeler que ces extrémités, à elles seules, lancent le corps en l'air dans le cabrer, et l'élèvent au point de le mettre en équilibre sur les pieds de derrière. Du reste, on conçoit aisément que s'ils se trouvent dirigés obliquement, ils peuvent contribuer aussi bien à la prépulsion qu'à l'élévation du centre de gravité : leur rôle dépend toujours essentiellement de la contraction des fléchisseurs des phalanges qui redressent l'angle métacarpo-phalangien, et de celle du coraco-radial et du sus-épineux.

L'action des extenseurs, en ce qui concerne le mécanisme du saut, est remarquable par une énergie et une vitesse qu'elle ne possède pas, au même degré, dans la progression ordinaire : elle est énergique, car elle doit vaincre une résistance considérable, c'est-à-dire soulever le poids du corps et lancer celui-ci à une distance souvent très grande ; elle est brusque, instantanée, car c'est par son extrême rapidité qu'elle peut arriver à détacher l'animal de la surface du sol. Sans cette dernière condition, elle l'élèverait autant que le permettrait l'extension des membres, mais elle ne lui ferait pas perdre l'appui.

La force résultant de la contraction des extenseurs est d'autant plus intense, toutes choses égales d'ailleurs, que les rayons des membres étaient préalablement plus fléchis, et son effet est d'autant plus étendu que ces rayons sont plus allongés. Aussi voit-on, d'une part, les animaux proportionner la flexion de leurs extrémités à l'étendue des bonds qu'ils veulent faire et, d'autre part, les espèces jouir d'une aptitude à sauter qui est directement en rapport avec la longueur de leurs membres postérieurs. Cette dernière proposition, si bien établie par Borelli (1), se trouve pleinement confirmée par l'étude comparative des mouvements de progression chez les divers animaux.

La force dérivée de l'action des extenseurs est bien évidemment la cause de la projection. Celle-ci ne tient nullement à la puissance de répulsion ou de réaction du terrain invoquée par Descartes, Borelli et tant d'autres. Cette force, d'une très grande intensité, s'exerce à peu près comme celle d'un arc subitement détendu ; elle se décompose en deux parties égales : l'une, qui agit de haut en bas sur la résistance opposée par le sol ; l'autre, qui agit de bas en haut, tend à élever le corps et n'a d'autre résistance à vaincre que la pesanteur de celui-ci. Le fait du partage de la

(1) *Loc. cit.*, prop. CLXXVI.

puissance résultant de l'extension des extrémités est incontestable; il est prouvé expérimentalement par le recul de la barque de laquelle on s'élance sur le rivage, et par l'abaissement du plateau de la balance d'où l'on saute à terre. Des deux moitiés de cette force, celle qui pousse les pieds contre le sol est équilibrée ou détruite par la résistance de ce dernier, et d'autant mieux que sa surface est moins dépressible ; l'autre, au contraire, qui tend à mettre en mouvement la masse du corps, n'a à vaincre que la résistance représentée par la pesanteur de l'animal ; elle produit tout son effet lorsque le terrain ne se laisse pas déprimer, tandis qu'elle s'épuise à mesure que cède le point d'appui des extrémités.

Pour que le saut s'effectue, il ne suffit pas que la force qui tend à soulever la masse du corps soit supérieure à la pesanteur de celui-ci, il faut encore qu'elle soit développée avec une extrême vitesse. Si elle l'est lentement, elle se trouve détruite, à mesure, par la gravitation, et le corps, après s'être élevé sur les extrémités étendues, ne possède pas assez de vitesse pour se détacher du sol.

La direction de ce mouvement est susceptible de varier beaucoup suivant la situation des membres et l'attitude du corps au moment de la détente impulsive : elle permet de distinguer trois espèces de sauts : le vertical, l'oblique et le rétrograde.

Le premier mode se produit : 1° lorsque les extrémités sont aussi engagées que possible sous le centre de gravité, au lieu d'être obliquement dirigées d'arrière en avant ; 2° lorsque les membres pelviens dans leur situation normale ne développent qu'une partie de la force de projection, le reste dérivant de l'intervention des membres thoraciques qui ont souvent assez de longueur et de puissance pour donner lieu à une détente très énergique. Néanmoins, il peut aussi s'effectuer sans la participation de ces derniers, pourvu que l'encolure se relève, que la tête se renverse en arrière, et, qu'en un mot, la plus grande portion du poids du corps soit répartie sur les extrémités postérieures. Cette variété, quels qu'en soient, du reste, les caractères, s'observe assez souvent chez divers animaux : elle est surtout fréquente chez le chien, l'ours, le cheval, les jeunes ruminants, etc.

Le saut oblique ou plus ou moins horizontal fait décrire à l'animal une courbe parabolique analogue à celle de tous les projectiles lancés dans l'espace. Il résulte habituellement de la détente des membres postérieurs, et quelquefois aussi, en partie, de celle des antérieurs, pourvu qu'ils soient, comme les premiers, dirigés obliquement d'arrière en avant. Ce mode appartient à la plupart des animaux et s'opère isolément ou se combine à d'autres mouvements progressifs avec lesquels il alterne quelquefois d'une manière assez régulière; c'est celui du lièvre , du lapin, de la gerboise, de la chèvre, du chamois, des carnivores, parmi lesquels il faut citer le loup, le renard, les différentes espèces de chats, le lion, la panthère, etc., dont les bonds sont d'une étendue et d'une souplesse remarquables; c'est également celui des animaux, tels que les singes, les écureuils, qui vivent sur les arbres. Dans cette dernière circonstance, il donne une preuve évidente du partage de la force impulsive, car les rameaux flexibles s'abaissent au moment où l'animal prend son élan pour passer de l'un à l'autre.

Quant au saut rétrograde que les quadrupèdes ne peuvent exécuter que fort rarement et dans des limites très restreintes, il appartient, comme on sait, à l'écre-

visse, au homard, à la langouste, à plusieurs mollusques où il tient à un mécanisme particulier qu'il est inutile d'examiner ici (1).

L'étendue du déplacement opéré par le saut, soit verticalement, soit dans le sens horizontal, dépend de diverses circonstances dont les principales sont incontestablement la longueur des extrémités postérieures, l'énergie et la vitesse de la détente. On sait en effet, et il est presque superflu de le rappeler, que les animaux à longues pattes de derrière sont des animaux sauteurs par excellence. Mais cette longueur n'atteindrait pas son but si elle ne coïncidait avec un développement considérable des muscles des divers rayons et une conformation spéciale du bassin et de la région lombaire dont le lièvre nous donne un remarquable exemple. Enfin, on conçoit, sans le secours d'une démonstration, tout l'avantage qui résulte de l'énergie et de la vitesse de la détente. Celle-ci ne semble même arriver à son maximum d'intensité qu'après un élan communiqué par une course de quelques instants. Dans tous les cas, l'élévation du corps est peu considérable chez les animaux, tels que le cheval qui parvient à grand'peine à franchir des obstacles élevés seulement à un mètre au-dessus de la surface du sol. L'étendue de l'espace parcouru est, suivant l'observation de Cuvier, inversement proportionnelle à la taille des animaux : les plus petits faisant des sauts relativement bien plus considérables que n'en font ceux de haute stature.

Si l'espace parcouru par le corps est en rapport direct avec le degré de l'impulsion qui lui est communiquée, celle-ci paraît avoir souvent une énorme intensité. Aussi peut-elle soulever l'animal, lors même qu'il se trouve chargé du poids du cavalier, poids analogue à celui que les anciens athlètes portaient aux mains, sur les épaules ou sur la tête, dans le but de provoquer des efforts musculaires plus énergiques.

Tel est le mécanisme du saut. J'ai dit comment le corps s'élève. Il retombe quand l'impulsion qui lui a été communiquée se trouve épuisée ou détruite par l'action de la pesanteur. Alors il peut rebondir comme une bille élastique si la projection est verticale, ou bien, s'il est animé d'un mouvement horizontal, continuer à se mouvoir jusqu'à l'instant où la vitesse qui lui a été communiquée s'est complétement éteinte. Sa chute s'accompagne d'une flexion des diverses jointures destinée à amortir les réactions, ainsi qu'il a été dit dans le chapitre précédent.

VI. DU RECULER.

On donne le nom de *reculer* à la progression rétrograde de tous les animaux.

Ce mode de locomotion qui appartient à toutes les espèces bipèdes ou quadrupèdes, ne s'effectue que rarement, avec lenteur et une difficulté plus ou moins grande qui s'oppose à ce qu'il se continue longtemps sans une extrême fatigue des membres, et surtout des postérieurs.

On conçoit aisément que cet acte, qui exige une inversion dans le jeu habituel des extrémités et une transposition du rôle départi à chacune d'elles, soit beaucoup plus pénible que la progression ordinaire. En effet, dans le reculer, l'impulsion principale doit être donnée par les membres thoraciques, comme elle l'est par les

(1) Voy. Dugès, *Physiologie*, t. II, p. 151.

membres abdominaux, dans le pas, le trot, le galop, etc. Or, les premiers sont, ainsi qu'on le sait, très mal disposés pour remplir cet office : d'une part, ils n'ont pas une obliquité assez prononcée, même lorsque l'action rétrograde est déjà engagée ; d'autre part, les rayons qui les composent ne forment pas assez d'angles, et des angles assez fermés, pour donner lieu à une détente énergique ; de plus, leur union avec le tronc, par des parties molles, devient une condition très défavorable à la transmission intégrale de la puissance impulsive. Néanmoins, malgré cet ensemble de dispositions si peu en harmonie avec le rôle exceptionnel que jouent les membres thoraciques dans le reculer, ils déploient, encore ici, une force considérable sur laquelle nous reviendrons en traitant du tirage et des efforts musculaires.

Le mécanisme de l'impulsion rétrograde n'est point, à beaucoup près, le même pour le reculer simple et pour celui des animaux qui traînent des fardeaux. Dans le premier cas, la force destinée à pousser en arrière la masse du corps, est développée, en grande partie, par les membres antérieurs qui arc-boutent contre le tronc, en vertu de l'obliquité qu'ils prennent ; et ils produisent cette force par le redressement des angles du boulet, du coude et de l'épaule, angles dont pas un n'opère une détente d'une énergie comparable à celle du jarret. Dans le second cas, la puissance de rétropulsion dérive, à la fois, des membres thoraciques et des membres abdominaux, car la résistance appliquée en arrière de ceux-ci se trouve entre le corps et l'espace indéfini dans lequel elle doit se mouvoir. Aussi, cette différence essentielle nous explique pourquoi le reculer, si pénible en soi, permet à un animal attelé d'entraîner, à lui seul, la charge que plusieurs animaux de même force peuvent transporter suivant le sens de la progression ordinaire.

Le mode suivant lequel le reculer s'effectue présente quelques traits communs à la plupart des animaux. Le reculer spontané, tel que celui du taureau et du bélier qui veulent se précipiter sur leurs rivaux, se fait souvent avec rapidité, sans s'accompagner du bercement latéral du corps, des mouvements obliques et de cette élévation de la tête qui sont ordinaires au reculer plus ou moins forcé. Le quadrupède qui recule déplace ses membres suivant l'ordre même de leur succession dans le pas, c'est-à-dire en diagonale, comme on peut s'en assurer chez les ruminants, les solipèdes, chez le rhinocéros, l'hippopotame, l'éléphant, même chez le chameau et la girafe, bien que l'amble soit l'allure ordinaire de ces derniers. Ainsi ce déplacement a lieu dans l'ordre suivant : après l'antérieur droit, par exemple, c'est le postérieur gauche, puis l'antérieur gauche et le postérieur droit; mais il a ceci de particulier que le pied qui se lève revient à l'appui avant que celui qui se lèvera ensuite ait quitté le sol, de telle sorte, qu'à part les cas où le reculer est très rapide, il y a seulement un pied en l'air, à la fois, comme le voulait Borelli pour le pas ordinaire. Lorsque l'action a acquis une certaine vitesse, les deux pieds de chaque bipède diagonal agissent ensemble, et l'appui n'a plus lieu que sur deux des extrémités.

Il est à remarquer que le reculer est habituellement entamé par un pied de devant, le droit ou le gauche indifféremment, s'ils se trouvent sur la même ligne, et par le moins engagé sous le corps, s'ils ne sont pas au niveau l'un de l'autre; c'est, au contraire, le membre postérieur le plus engagé sous le centre de gravité ou le plus avancé qui se meut ensuite. Cette particularité, qui rappelle le jeu analogue, mais inverse des extrémités dans la progression directe comparée à la progression rétro-

grade, s'explique très bien s'il'on considère que le membre antérieur qui se lève a achevé son impulsion à l'instant où son obliquité de bas en haut et d'avant en arrière est devenue aussi prononcée que possible, absolument comme le membre postérieur qui, dans le pas ordinaire, quitte le sol au moment où il est parvenu à la limite extrême de son inclinaison.

L'étendue des espaces franchis successivement par chaque extrémité est moins considérable que dans le pas très lent; les pistes antérieures, au lieu de recouvrir les postérieures du même côté, restent toujours à une distance considérable de ces dernières qu'elles atteignent à peine dans le reculer très rapide, sans toutefois jamais les recouvrir, car l'extrémité antérieure d'un bipède latéral revient à l'appui avant que la postérieure du même bipède se soit levée. Les chiffres suivants donneront une idée du rapport qui peut exister entre l'amplitude des oscillations des extrémités dans le reculer de vitesse moyenne et celle des mêmes oscillations dans le pas et les autres allures.

NUMÉROS DES PAS.	ÉTENDUE DES PAS.	NUMÉROS DES PAS.	ÉTENDUE DES PAS.	OBSERVATIONS.
	Mèt.		Mèt.	
1	0,87	15	1,00	Hauteur du cheval : 1m,62.
2	0,80	16	0,64	
3	0,53	17	0,67	
4	1,10	18	0,60	Distance entre les pieds de devant et ceux de derrière lors de la station : 1m,18.
5	0,66	19	0,64	
6	0,70	20	0,72	
7	0,94	21	0,68	
8	0,40	22	0,64	
9	0,70	23	0,74	Les distances sont prises de la pince d'une empreinte à la pince de l'empreinte suivante du même pied (comme précédemment).
10	0,76	24	0,82	
11	0,53	25	1,01	
12	0,50	26	0,72	
13	0,51	27	0,81	
14	0,84	28	0,79	

La progression rétrograde, quelle que soit sa vitesse, s'opère rarement suivant une ligne parfaitement droite; elle s'accompagne, presque toujours, d'un bercement particulier de la croupe, et elle fait décrire à la partie postérieure du corps une série de sinuosités plus ou moins prononcées. Celles-ci tiennent d'abord aux tentatives que fait l'animal pour résister à la main qui le dirige et reprendre une autre allure, puis au mode d'action des membres thoraciques qui donnent tour à tour l'impulsion, sans qu'il y ait entre eux cette solidarité établie si intimement par le bassin aux membres abdominaux.

Le reculer présente quelques différences suivant la direction de la surface du sol. Sur un plan incliné, il devient plus facile et acquiert son maximum de vitesse quand l'animal descend : seulement les glissades sur les pieds de derrière et les chutes à la renverse sont plus fréquentes. Au contraire, il est extrêmement pénible si l'animal monte, car les membres antérieurs supportent une charge trop considérable. Ses variétés assez peu nombreuses parmi les animaux, nous montrent qu'il s'effectue

d'autant plus difficilement que les extrémités postérieures sont plus faibles, la région dorso-lombaire plus longue et plus flexible, comme dans le bœuf et le porc, par exemple.

VII. DE LA REPTATION.

Ce nouveau mode de progression est particulier aux animaux privés de membres ou pourvus d'extrémités impropres à soutenir le corps et à l'empêcher de se mettre en contact avec la surface du sol.

Il appartient nécessairement à la généralité des reptiles et à la plupart des animaux inférieurs qui se meuvent sur des corps solides ; mais nous ne le considérerons ici que d'une manière très générale et spécialement en ce qui concerne les animaux vertébrés chez lesquels il s'offre sous deux formes, savoir : la reptation simple ou apédale, et la reptation opérée avec le secours des membres.

La reptation qui s'effectue avec la participation des membres établit, en quelque sorte, la transition entre la progression ordinaire et la reptation proprement dite. Elle est bien caractérisée chez les lézards, le caïman, le crocodile, la salamandre, le caméléon, les tortues, même chez les phoques et divers cétacés lorsqu'ils se meuvent sur les rivages. Son mécanisme est fort simple dans la plupart de ces animaux : les extrémités, par suite de leur brièveté, de leur écartement, de leur situation tout à fait oblique et latérale, ne pouvant élever le corps au-dessus de la surface du sol, le laissent plus ou moins ramper : pour donner l'impulsion, elles se déplacent suivant un ordre variable qui est, chez plusieurs, la tortue, par exemple, celui du pas des quadrupèdes, et leur déplacement s'accomplit, tantôt avec lenteur, comme chez le caméléon, d'autres fois avec la rapidité qui caractérise la progression des petits lézards.

C'est par un mode analogue à la progression des reptiles pourvus de pieds que se meut le phoque à la surface du sol. Cet animal après avoir pris un point d'appui avec ses membres antérieurs, alors qu'il tient le cou et la tête relevés, attire en avant la partie postérieure de son corps en faisant ployer sa colonne vertébrale, puis les parties postérieures prennent à leur tour un autre point fixe et projettent en avant, par un redressement brusque, l'extrémité antérieure (1).

La reptation simple, c'est-à-dire celle des serpents, est plus difficile à concevoir que la précédente, car l'impulsion qui la détermine est développée, exclusivement, par le jeu même des parties qui doivent être mises en mouvement.

Lorsque le serpent se met à ramper, son corps décrit une série d'ondulations horizontales, plus ou moins étendues et rapprochées qui disparaissent et se reproduisent avec une grande rapidité. Formées par l'action des muscles qui longent la colonne vertébrale, et par ceux qui lient les côtes les unes aux autres, elles peuvent être considérées, chacune, comme un point d'appui qui permet à celle qui la précède immédiatement de se redresser et de pousser en avant la partie antérieure du corps. Ainsi, au début du mouvement, l'animal prend un point fixe vers la tête, puis fait agir ses muscles spinaux et intercostaux qui font décrire au corps une série d'ondes en ramenant les parties postérieures vers les antérieures. Cela fait, la première ondu-

(1) Voyez à ce sujet Barthez, *Mécanique des mouvements*, p. 135 ; Duvernoy, *Mémoires du Muséum*, t. IX, p. 181.

lation se redresse et se projette en avant, appuyée sur la seconde qui arc-boute sur le sol, puis la seconde, à son tour, s'étend appuyée sur la troisième, et ainsi de suite. Ce redressement, qui paraît s'opérer successivement, quand la reptation est lente, semble se produire simultanément dans toutes les ondes dès que la progression devient un peu rapide.

Quelquefois il arrive que le reptile, au lieu de ramper en décrivant des sinuosités, se meut très vite, suivant une ligne presque droite; mais en y regardant attentivement, on voit que le corps décrit encore des ondes alternatives dont les courbes légères appartiennent à des cercles d'un très grand diamètre ; parfois aussi, le serpent progresse sans faire ondoyer son corps : ainsi, lorsqu'il est roulé en spirale et qu'il essaie de se déplacer, tous les tours de la spire se meuvent à la fois et circulairement, depuis la tête jusqu'à l'extrémité de la queue. Cette variété de mouvement est surtout bien sensible chez les ophidiens de grande taille, le boa et le python, par exemple.

Les inflexions qui font progresser les serpents appartiennent toutes aux variété précédentes. Ce qu'on a dit des ondulations verticales est une pure fiction des poëtes. Les serpents qui se détachent partiellement du sol pour décrire des courbes d'un plan perpendiculaire à la surface de ce dernier, ne le font que dans le but de soulever la tête et les parties antérieures du corps, lesquelles trouvant un appui sur les postérieures, se meuvent souvent seules et se portent dans toutes les directions : les premières suffisent à faire mouvoir l'animal dans tous les sens et à le faire reculer, même avec une grande vitesse, surtout lorsque, suivant la remarque de Lacépède, il n'a point, ainsi que l'amphisbène nous en offre un exemple, de plaques écailleuses sous le ventre.

Les ondes alternatives que décrit le corps des ophidiens jouent, sans doute, le principal rôle dans la progression de ces animaux ; mais leur action a pour auxiliaire essentiel le jeu des côtes et des lames transversales que la plupart portent en dessous, depuis la tête jusque vers l'extrémité de la queue. Les côtes qui, à l'état normal, sont plus ou moins inclinées en arrière, se projettent en avant et en dehors, lors de la progression, de manière à prendre un point d'appui à leur extrémité libre, sur la ligne de jonction des lames transversales avec les écailles ; leur mouvement devient très manifeste, à travers la peau, et peut être suivi avec facilité, notamment sur les pythons, pendant qu'ils se déplacent avec lenteur ou lorsqu'ils éprouvent le mouvement spiroïde dont je parlais tout à l'heure. Les plaques écailleuses imbriquées dont le bord libre regarde en arrière, semblent remplir, par suite d'un léger redressement, l'office d'une série de petits pieds susceptibles de s'appuyer sur les plus faibles inégalités du sol ; leur nombre, qui paraît en rapport direct avec celui des vertèbres et des arcs costaux, ajoute à leur importance : j'en compte 147, de la tête à l'orifice du cloaque d'une vipère qui a 150 paires de côtes et une quarantaine sur la longueur de la queue, à partir du niveau auquel les côtes disparaissent ; ces dernières, bien plus petites que les autres, sont partagées en deux segments par une découpure longitudinale.

La reptation, quelles que soient les variétés de son mécanisme, s'opère plus aisément sur un sol rugueux, dans l'herbe, sur les arbres, etc., que sur les corps dont la surface est dépourvue d'irrégularités. Elle est aussi très facile dans l'eau, soit

que l'animal se trouve complétement plongé dans le liquide, soit qu'il se trouve près de la surface. Le corps décrit dans cet élément les mêmes inflexions que sur le sol et exécute toutes les évolutions possibles, avec une rapidité et une souplesse remarquables, car les ondes du reptile peuvent, en frappant le liquide, y prendre des points d'appui, et permettre à l'animal de progresser lentement ou avec rapidité, et de se diriger sans peine dans tous les sens.

VIII. DE LA NATATION.

Cette dénomination s'applique à la progression aquatique de tous les animaux, soit qu'ils se tiennent immergés, soit qu'ils ne plongent qu'en partie dans les eaux. Le mode de locomotion qu'elle sert à qualifier dépend des rapports de densité qui existent entre le milieu dans lequel l'animal se meut et le corps de celui-ci, de l'appui que l'eau donne et de la vitesse qu'elle imprime aux parties qui la frappent. Son mécanisme doit être envisagé à part chez les quadrupèdes, les oiseaux et les poissons.

Tous les quadrupèdes, quelles que soient leur taille, leur forme et les proportions de leurs membres, peuvent nager, et même souvent avec une très grande agilité : le bœuf, le cheval, le cerf, le cochon, l'hippopotame, le font sans difficulté; les petits animaux, tels que le chien, le chat, et ceux qui ont les pieds palmés, le rat d'eau, la loutre, le castor, se meuvent dans l'eau avec plus de liberté encore que les autres.

La densité de leur corps, un peu supérieure en général à celle de l'eau, ne leur permet de se maintenir près de la surface que par suite des mouvements qu'ils exécutent, et par l'effet de l'air contenu dans leurs poumons : aussi, pendant la natation, sont-ils complétement immergés, à part les régions supérieures de la tête et l'entrée des voies respiratoires.

Le mode suivant lequel s'effectue la natation des quadrupèdes est fort simple. Ces animaux font mouvoir leurs membres en nageant de la même manière que dans la progression à la surface du sol : aussi nagent-ils très bien dès la première fois dans un milieu où ils ne sont point appelés à vivre. Leurs extrémités les dirigent et leur donnent l'impulsion en frappant l'eau suivant une direction variable et avec une plus ou moins grande vitesse. Les postérieures pourraient, à elles seules, remplir ce rôle qu'elles jouent de concert avec les antérieures; leur action est régulière et symétrique si l'animal progresse en ligne droite; elle ne l'est pas dès qu'il veut se porter à droite ou à gauche, car celles d'un côté frappent plus fortement le liquide lorsque le quadrupède se dirige du côté opposé.

Le parallélisme qui existe entre l'axe des extrémités et le plan médian du corps, paraît être, d'après la remarque de Dugès (1), peu favorable au développement de l'impulsion, puisque ces extrémités ne peuvent éprouver le mouvement rotatoire qui leur permettrait de frapper l'eau par leur face la plus large, et de la traverser ensuite par leur bord le plus étroit. Müller (2) dit cependant « que la surface avec laquelle elles choquent l'eau est plus étendue quand les quadrupèdes jettent leurs

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 130.

(2) *Manuel de physiologie*, traduit de l'allemand par A. J. L. Jourdan. Deuxième édition. Paris, 1851, t. II, p. 115.

membres en arrière que quand ils les ramènent en avant », ce qui n'est pas bien démontré par l'observation. Il semble, contrairement à l'assertion du savant physiologiste, d'une part, que les membres ne se jettent pas en arrière pour donner l'impulsion, comme ils le font chez l'homme, mais qu'ils la commencent à partir du moment où ils ont été portés aussi en avant que possible, pour l'achever en arrivant à leur maximum de projection en arrière; il semble, d'autre part, que ces appendices ne peuvent guère présenter en donnant l'impulsion, c'est-à-dire en frappant la masse liquide, une surface plus large que celle qu'ils offrent en reprenant la situation par laquelle ils sont à même de renouveler leur détente ; car, pour qu'il en soit ainsi, il faudrait que les membres pussent présenter en arrière leur face externe, et que, par conséquent, ils éprouvassent un mouvement général de semi-rotation assez difficile à exécuter chez le cheval, le bœuf et les grands quadrupèdes. Il faut donc chercher ailleurs la cause du mouvement du corps, et cette cause consiste en ce que les extrémités frappent l'eau avec plus de force, et pendant plus longtemps, en donnant l'impulsion qu'en revenant à la situation qui les rend aptes à recommencer leur action.

Lorsqu'on examine un grand quadrupède qui nage, le cheval, par exemple, on voit la surface de l'eau à peine agitée : tout le corps est immergé ; mais le dos se rapproche très près de la surface du liquide ; la nuque, la partie antérieure de la tête et les naseaux sont seuls en dehors du liquide ; les membres demeurent constamment sous l'eau et ne viennent jamais près de sa surface ; le corps n'éprouve ni oscillations verticales, ni oscillations latérales très sensibles ; il sillonne le liquide en ligne directe. Si le cheval est chargé d'un cavalier, toutes les parties de ce dernier qui sont immergées déplaçant un volume d'eau dont le poids est égal au leur, ne constituent pas un fardeau réel ; seulement celles qui se trouvent hors de l'eau, en augmentant de tout leur poids celui de l'animal, nécessitent, pour rendre la natation possible, des mouvements plus rapides et plus énergiques que dans les circonstances ordinaires.

La densité du corps des quadrupèdes leur permet de plonger sans grandes difficultés. L'hippopotame, par exemple, le fait avec une agilité qui contraste avec ses formes grossières et sa démarche si embarrassée à la surface du sol. On le voit disparaître subitement à une extrémité de son bassin et revenir très vite à l'extrémité opposée ; il lui suffit, pour cela, de faire une profonde expiration afin d'augmenter sa pesanteur spécifique, et de fermer ses narines par les sphincters qui les entourent pour prévenir l'introduction de l'eau dans les voies aériennes. On s'assure qu'il ne sort pas d'air de ses poumons en constatant que, pendant l'immersion du pachyderme, aucune bulle ne vient crever à la surface du liquide.

Les oiseaux nagent autrement que les quadrupèdes. La densité spécifique de leur corps diminuée par le développement de l'appareil respiratoire, la capacité considérable des sacs aériens du thorax et de l'abdomen, la présence de l'air dans le canal médullaire d'une partie des os, dans le tissu spongieux des vertèbres, des plumes, etc., leur permettent de ne plonger dans l'eau que par les régions inférieures du corps.

Leur progression aquatique résulte uniquement de l'action des pattes qui sont courtes et très écartées l'une de l'autre chez les palmipèdes, et cette action est ana-

logue à celle des rames puisqu'elles frappent l'eau de la même manière que ces dernières, d'autant mieux que les doigts sont entourés d'expansions résistantes ou réunis par des palmures membraneuses.

Ici le mécanisme du développement de l'impulsion est simple et très facile à comprendre. L'oiseau immobile qui veut se mettre en mouvement rapproche ses doigts et porte ses deux pattes en avant, puis il projette celles-ci en arrière, en étalant leurs palmures qui battent l'eau par une grande surface, enfin il rapproche de nouveau ses doigts, ramène ses pattes en avant et leur imprime une seconde détente. La réaction du liquide étant beaucoup plus vive, lors de la projection des pattes en arrière que lors de leur mouvement inverse, l'oiseau est lancé en avant. Si les doigts demeuraient aussi écartés dans les deux cas, la réaction serait égale de part et d'autre et l'animal conserverait son équilibre.

Les deux pattes agissent symétriquement quand l'animal veut aller en ligne droite : l'une d'elles seulement bat l'eau lorsque l'oiseau se porte de côté, et celle qui agit est précisément celle du côté opposé à celui vers lequel la progression a lieu. Cette simple modification du jeu des extrémités suffit pour donner à l'oiseau la faculté de se mouvoir dans toutes les directions. Le mouvement des ailes n'est qu'un auxiliaire, rarement employé pour faciliter la progression ou en régler le sens.

Les oiseaux peuvent plonger aussi bien que les quadrupèdes. « Lorsqu'ils veulent le faire ils sont obligés de comprimer fortement leur poitrine pour chasser l'air qu'elle peut contenir, d'allonger le cou pour faire pencher leur corps en avant et de frapper avec leurs pattes en haut pour recevoir de l'eau une impulsion vers le bas (1). »

Les poissons nous offrent, sans contredit, le mode de natation le plus parfait et le plus rapide que les animaux puissent exécuter. Par la forme de leur corps et le luxe des moyens qui servent à les mouvoir et à les diriger, ils se déplacent dans l'eau avec une extrême vitesse et y opèrent des évolutions aussi variées que celles des oiseaux au sein de l'atmosphère. Les parties qui servent à donner l'impulsion et à régler le sens des mouvements sont, comme on le sait, la queue et les nageoires.

La queue qui est aplatie latéralement, pourvue de muscles puissants et terminée par une large nageoire, est évidemment l'organe essentiel de l'impulsion : elle frappe le liquide alternativement à droite et à gauche, comme le fait l'aviron d'une nacelle. Le coup qu'elle donne d'un côté tend à diriger l'animal du côté opposé, mais il est suivi immédiatement d'un second coup en sens inverse, qui tend à mouvoir l'animal dans une direction contraire à celle de la première impulsion ; d'où résulte, d'après la remarque de Borelli, un mouvement moyen, c'est-à-dire un mouvement dans la diagonale du parallélogramme des forces impulsives composantes.

Les nageoires contribuent aussi, pour quelque chose, à l'impulsion, mais elles servent plus spécialement à maintenir le corps en équilibre et à régler le sens de ses mouvements. Les nageoires, dorsale et anale, paraissent destinées surtout à prévenir

(1) Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, t. II, p. 144.

l'inclinaison latérale du corps et à le fixer de manière que son plan médian reste perpendiculaire à la surface du liquide. Borelli (1) a vu que la section des ventrales rend l'équilibre difficile et entraîne des oscillations continuelles à droite et à gauche; d'autres ont observé que l'ablation des dorsales produit souvent la subversion de l'animal et l'oblige à nager le ventre en haut. Les latérales qui jouent très peu dans la progression ordinaire, se meuvent symétriquement tant que l'animal va en ligne droite ; celles du côté vers lequel il tourne se couchent contre le corps, et celles du côté opposé frappent le liquide avec une plus ou moins grande vitesse : aussi sont-elles regardées comme susceptibles de régulariser le sens des déplacements. Du reste, on conçoit que ces parties, en combinant leur action, peuvent produire des effets très divers, suivant que l'animal veut monter ou descendre, résister aux courants, etc.

Indépendamment de ces divers moyens de progression, les poissons possèdent encore, pour régler leur équilibre et leurs mouvements, la vessie natatoire pleine de gaz et communiquant avec l'œsophage ou l'arrière-bouche. Mais les usages précis de cette poche ne sont pas encore parfaitement déterminés; tout ce qu'on sait à cet égard, c'est qu'elle diminue la pesanteur spécifique de l'animal et lui donne la faculté de passer des régions inférieures vers les supérieures, et réciproquement ; elle paraît pouvoir augmenter de capacité quand l'animal veut s'élever, et, au contraire, se resserrer quand il doit descendre à de grandes profondeurs. Néanmoins, il est des poissons chez lesquels ses parois, très résistantes, ne se prêtent guère à de semblables variations ; sa rupture, d'après quelques expérimentateurs, fait tomber les poissons au fond de l'eau et les empêche de revenir à la surface.

IX. DU VOL.

Le vol est le mode de progression propre aux oiseaux, aux insectes ailés et aux animaux dont les membres sont pourvus d'expansions membraneuses plus ou moins étendues, susceptibles de prendre sur l'air un point d'appui suffisant pour que le corps se soutienne et se mette en mouvement au sein de ce fluide. Son mécanisme, en apparence tout particulier, offre la plus grande analogie avec celui de la natation.

Le vol est ordinairement précédé, surtout chez les oiseaux pesants, d'un acte préparatoire destiné à commencer et à faciliter l'élan impulsif, acte qui consiste, soit en un saut plus ou moins étendu, soit en une suite de bonds ou en une course de quelques instants. En même temps, l'oiseau déploie ses ailes, qui étaient fléchies et appliquées contre le corps ; il les porte en dehors et les étale, en faisant décrire à leur extrémité libre un arc de cercle d'autant plus étendu qu'elles sont plus longues et plus complétement déployées. Par suite de cette extension subite, les ailes développent une force de projection qui élève le corps, et, en frappant l'air sur une grande surface, trouvent dans ce fluide un point d'appui à l'aide duquel l'animal se maintient en équilibre. Aussitôt que cette action est effectuée, l'aile se fléchit, se rapproche du thorax, puis se redresse et s'étend de nouveau. En répétant très rapidement cette opération, l'oiseau parvient à se soutenir et à se mouvoir avec vitesse suivant des directions très variées.

(1) Dans Barthez, p. 168.

Le mécanisme d'après lequel le jeu des ailes produit l'impulsion est, en réalité, moins compliqué qu'il ne le paraît de prime abord. Pour le bien comprendre, il faut le mettre en parallèle avec celui de la natation ; car le vol n'est, à proprement parler, qu'une natation aérienne. Mais, comme, d'une part, l'oiseau et le poisson ont la conformation du corps essentiellement différente et les moyens de locomotion dissemblables, et que, d'autre part, les milieux dans lesquels ces vertébrés se meuvent possèdent une densité qui est loin d'être la même, il est facile de pressentir que les mouvements de ces deux groupes d'animaux ne peuvent être identiques. La seule légèreté spécifique de l'air exige pour que le corps de l'oiseau se tienne en équilibre et se déplace aisément, que celui-ci ait : 1° une pesanteur spécifique peu considérable ; 2° des moyens de frapper l'air par une grande surface ; 3° une grande force dans les organes d'impulsion ; 4° et la faculté de renouveler les mouvements de ces organes avec une extrême rapidité.

Borelli, qui regardait le vol comme une suite de sauts, comparait les ailes à des ressorts arc-boutant sur la résistance de l'air et pensait que ce fluide, en repoussant ces organes, donnait lieu à un mouvement réfléchi analogue à celui qui, d'après ses idées, était le résultat de la réaction du terrain dans les autres modes de progression. Cette explication, pleine de vues ingénieuses, n'est pas exacte : les ailes agissent bien comme des ressorts qui arc-boutent à l'une de leurs extrémités sur une surface plus ou moins résistante, mais le mouvement de l'oiseau n'est pas un mouvement réfléchi dérivé de la réaction élastique de l'air. Les ailes des oiseaux agissent d'une manière analogue à celle des rames, elles frappent l'air comme les nageoires et la queue du poisson frappent l'eau : leur action est à peu près semblable à celle des membres dans le saut. En s'étendant subitement, elles développent une force qui éloigne l'une de l'autre leurs deux extrémités, et qui, par conséquent, se décompose en deux parties : l'une appliquée à l'extrémité libre de l'aile, employée à déprimer l'air et à prendre un point d'appui sur ce fluide ; l'autre appliquée à la partie fixe de l'organe et tendant à pousser le corps en avant. La force qui s'exerce à la partie libre de l'aile se perd en refoulant l'air, et il faut qu'elle se perde ainsi pour donner un point d'appui aux appareils locomoteurs ; néanmoins, elle prend une part directe à la progression, par suite de la réaction élastique qu'elle provoque dans l'air déplacé. L'autre force s'exerce sur le corps qu'elle tend à pousser en avant, et joue le principal rôle dans la locomotion aérienne. Ces deux puissances, égales en elles-mêmes, ne feraient pas mouvoir l'animal si elles étaient opposées à des résistances égales entre elles ; mais, comme la résistance opposée par la masse du corps de l'oiseau est moindre que celle de la grande masse d'air frappée avec vitesse, la première cède plus que la seconde, et se meut avec une intensité proportionnelle à la différence qui existe entre la somme des deux résistances. L'impulsion produite par chaque aile étant oblique, relativement à l'axe du corps, le mouvement s'effectue suivant la diagonale des deux forces composantes, c'est-à-dire suivant le prolongement même de cet axe.

La direction et la vitesse du vol, les conditions d'équilibre dans les divers mouvements de la progression aérienne, varient nécessairement d'après une foule de causes qui tiennent plus particulièrement aux modifications que peut éprouver l'action des ailes, de la queue, et à l'attitude que prend le corps de l'animal.

Relativement à sa direction, le vol peut être horizontal, vertical, oblique et circulaire. Dans le vol horizontal, il faut, de toute nécessité, que les ailes donnent deux impulsions : l'une, pour soutenir le corps et lutter contre la pesanteur; l'autre, pour le faire progresser en ligne droite ; elles produisent la première en frappant l'air de haut en bas, et la seconde, en le frappant d'avant en arrière ; mais ces deux mouvements ne sont point isolés et successifs, ils sont combinés en un mouvement mixte, dont le résultat est identique à ce qu'il serait, si les deux impulsions étaient développées tour à tour. Dans le vol vertical, qui est ascendant ou descendant, l'impulsion est simple ; lorsque l'oiseau s'élève, les battements de l'aile se font tous de haut en bas, d'une part, pour soutenir la masse du corps, d'autre part, pour l'élever par suite de l'appui que ces organes prennent sur les couches d'air frappées à chaque coup. Enfin, dans le vol oblique qui peut offrir des combinaisons nombreuses, et dans le vol circulaire, qui est une variété du précédent, il n'y a pas de symétrie entre l'action de l'aile droite et celle de l'aile gauche : celle du côté vers lequel l'oiseau se porte, agit peu, et celle du côté opposé frappe l'air avec force, car elle est plus complétement déployée.

La vitesse du vol dépend de la rapidité avec laquelle se succèdent les battements des ailes ; elle peut être en raison directe de la légèreté spécifique de l'oiseau, du développement de ses appendices locomoteurs et de leur énergie musculaire. La puissance de ce mode de progression tient à plusieurs causes que l'étude de l'anatomie comparative a mises en évidence ; mais tous ces détails n'ont pour nous qu'une utilité très accessoire.

CHAPITRE XVI.

DE L'UTILISATION DES FORCES MUSCULAIRES.

Dans ce chapitre, nous étudierons seulement le mode le plus général de l'emploi des forces motrices des animaux, c'est-à-dire le tirage ; mais avant, nous examinerons le mécanisme de l'effort réduit à sa plus simple expression.

I. DE L'EFFORT EN GÉNÉRAL.

On donne le nom d'*effort* à l'action synergique des puissances musculaires opérée dans le but de vaincre une résistance plus ou moins considérable.

Cette action est indispensable toutes les fois que les animaux doivent entraîner ou porter de lourds fardeaux, effectuer des sauts d'une grande étendue, des évolutions pénibles, se relever, ruer, se cabrer, se précipiter sur leurs ennemis, les terrasser, s'arracher à leurs étreintes, sortir d'un précipice ou d'un bourbier, gravir des côtes escarpées, briser les liens qui les retiennent, se dégager d'un piége ; elle ne l'est pas moins à l'accomplissement de la parturition, du vomissement, etc.

Les efforts peuvent être distingués en deux séries : les uns sont volontaires, gradués au gré de l'animal, augmentés ou diminués sous l'influence de diverses excitations extérieures ; les autres sont automatiques ou involontaires, régis par des exci-

tations sur lesquelles la volonté a peu ou point d'empire, et destinés à venir en aide à des actions pénibles, telles que le vomissement, la plupart des excrétions.

Le mécanisme de ces actes, assez bien étudié chez l'homme, où son analyse est facile, n'a pas encore beaucoup fixé l'attention des physiologistes en ce qui concerne les animaux, chez lesquels il présente des caractères spéciaux, tenant à des dispositions statiques et dynamiques autres que celles de l'organisation humaine.

L'élément essentiel de l'effort est, d'après la plupart des auteurs, la fixité des parois du thorax obtenue par suite de l'occlusion des voies aériennes immédiatement après une profonde inspiration, fixité qui a pour but de donner un point d'appui à un grand nombre de puissances musculaires. On sait, en effet, qu'au moment où l'on fait un effort, même peu considérable, le thorax est maintenu dilaté et immobile, et l'on conçoit que cette immobilité, plus ou moins complète, est nécessaire, afin que les muscles du cou, ceux des bras, plusieurs muscles destinés à déterminer la rigidité de la colonne vertébrale, à fixer la partie supérieure des membres pelviens et à assurer la stabilité de l'équilibre, puissent prendre un point d'appui sur les pièces des parois thoraciques. Mais il n'en est point tout à fait ainsi en ce qui concerne les animaux, et notamment les grands quadrupèdes : chez eux, les muscles de l'encolure prennent leurs attaches aux vertèbres dorsales, au sternum et aux côtes antérieures, qui sont à peu près constamment immobiles ; les muscles qui lient les membres thoraciques au tronc partent, soit des vertèbres, soit du sternum et des côtes, qui se meuvent à peine ou qui ne se meuvent point ; l'ilio-spinal, les psoas peuvent agir efficacement, quelle que soit la fixité de leurs attaches costales ; enfin, les muscles de la croupe n'ont rien à faire de l'état du squelette thoracique. L'intervention du rôle du thorax est donc moins nécessaire au déploiement des forces des grands animaux qu'à celui de nos propres forces ; néanmoins, elle fait partie intégrante de tous les efforts de ces derniers. On voit, pour peu qu'on examine attentivement un cheval traînant une lourde voiture sur une pente un peu rapide, que la respiration devient profonde, bruyante, et que, à des intervalles plus ou moins rapprochés, les parois de la poitrine sont comme immobiles, les muscles abdominaux acquièrent une tension considérable, la corde du flanc devient très dure, le muscle grand oblique de l'abdomen dessine sous la peau le bord sinueux de sa partie charnue. L'état du thorax, qui se traduit vaguement par ces phénomènes extérieurs, est facile à concevoir. Immédiatement avant chaque effort, l'animal fait une profonde inspiration qui distend les voies aériennes et le tissu pulmonaire ; aussitôt la glotte se ferme pour empêcher l'air de s'échapper, les parois de la poitrine prennent de la fixité, le diaphragme, les muscles abdominaux se contractent et tendent à expulser l'air emprisonné dans la trachée, les bronches et les vésicules pulmonaires ; mais cette expulsion n'étant pas possible, l'air se trouve comprimé et acquiert une tension élastique qui lui permet de réagir avec force contre les puissances expiratrices. Par suite de cette dilatation de la poitrine, dont les parois sont devenues momentanément à peu près immobiles, les muscles de l'encolure, des membres antérieurs, de l'épine, de l'abdomen participent à la tension simultanée, énergique qu'éprouvent aussi les membres postérieurs. Ainsi l'effort s'accomplit ; mais, comme cet état ne peut se prolonger que pendant un court espace, il est bientôt suivi d'une expiration rapide après laquelle les mêmes phénomènes se re-

produisent, pour cesser et réapparaître autant de fois que les efforts se répètent et se succèdent dans un temps donné.

La réalité des phénomènes qui se passent du côté du thorax peut être démontrée par une expérience très simple. En effet, si l'on pratique sur le cheval une petite ouverture au larynx en enlevant la lame fibreuse qui ferme l'échancrure du cartilage thyroïde, on voit parfaitement, lorsque l'animal se débat violemment ou lorsqu'il fait un effort quelconque un peu énergique, que les cordes vocales s'appliquent l'une contre l'autre ; et, en plaçant le doigt entre ces cordes, jusqu'à la hauteur du bord libre des aryténoïdes, on s'assure que ces cartilages se rapprochent très fortement comme ils le font à l'instant de la déglutition. Lorsque l'animal est attelé à une voiture pesante, le resserrement de la glotte se reproduit à chaque effort, et cesse immédiatement après avec une certaine régularité. Le jeu du larynx, dans cette circonstance, ne peut être confondu avec celui qui caractérise la respiration ordinaire, car le resserrement habituel qui succède à chaque inspiration est presque insensible ; en outre, il peut être facilement distingué des contractions brusques et irrégulières qui surviennent quand on irrite avec l'extrémité du doigt la muqueuse laryngienne. Le resserrement des cordes vocales que MM. Bourdon et Jules Cloquet ont démontré théoriquement, a été constaté déjà par M. Longet (1) « chez des animaux sur lesquels, après avoir détaché l'os hyoïde de la base de la langue et le cartilage thyroïde avec une érigne, on avait porté le larynx en avant en conservant intacts les nerfs laryngés » : procédé sanglant, évidemment moins convenable que celui que j'ai mis en usage. Mais quant au rapprochement des aryténoïdes, qui est aussi sensible que celui des rubans de la glotte, il ne paraît point encore avoir été signalé.

Les modifications qui surviennent dans les phénomènes de la respiration sous l'influence des efforts, se traduisent encore par quelques effets remarquables. Ainsi on voit, sur les vieux chevaux qui se tourmentent pendant des opérations chirurgicales prolongées, se produire de l'emphysème vésiculaire, de grosses poches sous la plèvre pulmonaire, de nombreuses ecchymoses à la face interne des ventricules du cœur. Quelquefois, chez des sujets très énergiques, l'effort entraîne la rupture du diaphragme, des gros vaisseaux, des poches anévrismales, détermine des hernies inguinales, la déchirure des sangles qui serrent la poitrine, etc.

L'occlusion plus ou moins complète de la glotte n'est pas indispensable à la production de l'effort. Celui-ci a encore lieu lors même que l'air ne peut être retenu dans les voies respiratoires. On sait depuis longtemps que les chevaux auxquels on a pratiqué la trachéotomie font encore des services pénibles, traînent des voitures au trot et même au galop. Quelques expériences faites par MM. Bouley et Goubaux semblent indiquer qu'ils n'ont pas moins de force après l'opération qu'auparavant. De petits oiseaux, sur lesquels j'avais coupé la trachée en travers et fait sortir le segment inférieur hors de la plaie, volaient aussi bien qu'avant l'expérience. Dans cette circonstance, la participation du thorax, quelle qu'en soit l'importance, ne paraît pas avoir éprouvé de modification bien sensible, du moins autant qu'on peut en juger d'après le rhythme des mouvements respiratoires.

(1) Ouv. cité, t. I, fascicule III, p. 61.

Pendant que ces phénomènes se passent du côté de la respiration, la colonne dorso-lombaire acquiert de la rigidité : elle s'étend ou se fléchit, suivant la nature de l'effort, par l'action combinée des ilio-spinaux, des transversaires épineux, des muscles sous-lombaires et des muscles abdominaux ; l'encolure se roidit, étendue ou fléchie : la rigidité qu'elle acquiert est énorme chez le carnassier qui déchire sa proie, chez le bœuf attelé au joug et chez le taureau qui se précipite sur son adversaire.

Les membres prennent un point d'appui solide sur le tronc : les antérieurs par les muscles qui partent des apophyses épineuses du garrot, des premières côtes à peine mobiles et du sternum dont la fixité est si remarquable; les postérieurs par les psoas et les muscles de la croupe. Les premiers et les seconds arc-boutent sur le sol avec force, se rapprochent ou s'écartent, suivant les circonstances et laissent sur le terrain meuble de profondes empreintes. Mais il faut examiner le cheval attelé à une lourde voiture, celui qui rue, qui se cabre, celui qui fait des efforts dans le but de se relever, de se débarrasser des entraves, pour se faire une idée exacte de leur coopération.

Diverses modifications se produisent dans certaines fonctions sous l'influence des efforts. Pendant que ceux-ci s'effectuent, la respiration est profonde, lente, parfois bruyante; elle devient très rapide dès qu'ils cessent, s'ils ont été pénibles et prolongés. La circulation s'accélère, le pouls veineux devient très fort sur les animaux couchés; les veines sous-cutanées se gonflent, la transpiration s'active; la tension des parois abdominales fait naître le besoin de l'expulsion des urines, etc.

L'énergie de la contraction musculaire est portée à son plus haut degré, elle peut acquérir une intensité qui va jusqu'à déterminer la rupture des muscles, de leurs tendons, le décollement des épiphyses, la fracture des éminences et des os eux-mêmes, comme cela arrive sur les chevaux de course.

La somme de puissance développée dans les efforts musculaires ne peut être exactement déterminée, même à l'aide d'instruments de précision, car les forces, suivant qu'elles sont employées à opérer les divers mouvements de progression, à traîner, à porter des fardeaux, à vaincre, en un mot, des résistances diverses, se traduisent par un effet utile qui est loin d'être l'expression rigoureuse de leur intensité réelle; il ne saurait, du reste, en être autrement, à cause des pertes qui résultent de la mise en jeu des leviers, de la neutralisation des puissances antagonistes, etc. On sait dans quelles exagérations monstrueuses et dans quelles erreurs sont tombés sur ce point plusieurs physiciens. Néanmoins le dynamomètre, comme nous le verrons tout à l'heure, est susceptible de fournir à cet égard des données qui, si elles ne sont point d'une exactitude absolue, ont au moins l'avantage d'être parfaitement comparables.

Le déploiement de ces forces n'arrive à son maximum qu'autant que les animaux sont stimulés par la douleur, la crainte, les menaces, les besoins impérieux de la conservation, etc. Il est facile de voir que le cheval qui se débarrasse de ses entraves, qui cherche à retirer son pied d'entre les mains du maréchal, à gravir une côte escarpée, à sortir d'un bourbier, fait des efforts qui développent une force bien supérieure à celle qui est le résultat des mouvements ordinaires de l'animal.

Leur intensité, excessivement variable, paraît être proportionnellement plus considérable chez les petits animaux que chez ceux de grande taille. Le petit oiseau qui cherche à s'échapper de la main qui le serre, le cygne qui donne des coups d'aile si violents, ont, relativement à leur taille, une force plus grande que le cheval qui frappe du pied, l'éléphant qui renverse un homme d'un mouvement de sa trompe, le boa qui étouffe de ses replis un quadrupède de haute stature. L'âne qui porte un bât si lourd, relativement à la masse de son corps, semble porter plus que le dromadaire et l'éléphant employés au même service.

II. DU TIRAGE.

Avant que, par son génie, l'homme se fût créé des moteurs parmi les puissances physiques et chimiques, avant qu'il eût trouvé le moyen d'utiliser la force de l'air en mouvement, celle de l'eau, de la vapeur, de l'électricité, il n'avait d'autres forces à sa disposition que les siennes propres et celles des animaux domestiques. Aujourd'hui qu'il est parvenu à mettre à son service une foule de moteurs puissants, il ne se sert plus de ceux qui sont animés par la vie que dans les circonstances où les autres ne peuvent être économiquement employés. Mais si les moteurs vivants n'approchent point de la puissance de ceux qu'il a imaginés, ils ont, du moins, sur ces derniers, l'immense avantage d'être intelligents, de se gouverner d'eux-mêmes, de se plier aux exigences les plus diverses, et de s'approprier à mille services variés. Si la locomotive sur des voies de fer, les machines hydrauliques, et tant d'autres, ont une supériorité dynamique réelle sur les machines animales, elles ne peuvent fonctionner que dans des conditions rigoureusement déterminées qui ne leur permettent point de s'appliquer aux services ordinaires que rendent les animaux. Lorsque l'homme voudra se transporter aisément à travers tous les chemins, sur des routes escarpées, sur un sol inégal ou fangeux, couvert de glace ou de neige ; lorsqu'il lui faudra parcourir avec vitesse des distances considérables, traverser des déserts brûlants, découvrir les traces du gibier, etc., où trouvera-t-il une machine qui le porte comme le cheval, le dromadaire, qui traîne la charrue comme le bœuf, qui le serve à la chasse comme le chien? Sans doute il n'en créera jamais une qui soit susceptible de fonctionner comme le font les animaux, quelque simple que puisse être le mécanisme d'après lequel ils appliquent leurs forces motrices, à tant de destinations diverses, dont la plus remarquable est celle du *tirage*.

Sous le nom de *tirage* on désigne tantôt l'action de tirer, tantôt le résultat de celle-ci ; cette expression donne une idée vraie de l'action relativement à son effet, mais une idée très fausse de son mécanisme : car, ainsi que nous le verrons, l'animal attelé, au lieu de tirer, ne fait que pousser une résistance qui, placée en arrière de lui, agit cependant comme si elle était appliquée soit en avant de ses épaules, soit à la partie antérieure de sa tête.

Il y a deux modes principaux de tirage : le tirage au joug, et le tirage au collier, qu'il faut examiner chacun à part.

1° **Du tirage au collier.** — C'est le mode dans lequel la résistance s'applique en avant des épaules par un bourrelet annulaire plus ou moins large, connu sous le

nom de *collier*, et destiné à l'attache des traits qui partent du fardeau à traîner.

Il y a à considérer dans cette espèce de tirage trois choses, savoir : 1° la force de traction, sa nature, son intensité et le mécanisme de son développement ; 2° le mode d'après lequel cette force agit sur la masse du corps et se transmet à la résistance à vaincre ; 3° enfin la résistance en elle-même et dans ses rapports avec la puissance motrice.

La force qui, dans l'action de tirer, lutte contre une résistance plus ou moins considérable, n'est autre chose que celle qui met en mouvement la masse du corps dans les divers genres de progression, mais elle a ceci de particulier : 1° qu'elle dérive à la fois des membres postérieurs et des membres antérieurs ; 2° qu'elle s'applique à une double résistance, le centre de gravité et le fardeau à traîner ; deux propositions, dont la première seule demande une démonstration, la seconde étant évidente par elle-même. C'est par une erreur palpable, qu'il est inutile de réfuter, que certains auteurs, même parmi les modernes, ont considéré « le poids du corps comme la cause immédiate du tirage (1). »

Il est facile de concevoir tout d'abord que les extrémités antérieures, aussi bien que les postérieures, doivent prendre part à la force impulsive que nous appellerons ici force de traction. Dans les circonstances ordinaires, les membres postérieurs donnent à peu près exclusivement l'impulsion, surtout parce qu'ils se trouvent seuls en arrière du centre de gravité, c'est-à-dire de la résistance qui doit être portée en avant. Mais dans le tirage la résistance étant appliquée aussi bien antérieurement aux membres thoraciques qu'aux membres abdominaux, les premiers prennent part au développement de l'impulsion, et c'est par suite de la coopération de ceux-ci que la puissance de traction devient de beaucoup supérieure à la force qui met en mouvement la masse du corps dans la progression ordinaire.

Les membres postérieurs développent leur part d'impulsion comme ils le font dans toutes les circonstances, c'est-à-dire par l'extension simultanée de leurs rayons fléchis, lesquels agissent, dans leur ensemble, à la manière d'un arc obliquement interposé entre la partie postérieure du tronc et la surface du sol. Lors de leur extension rapide et plus ou moins complète, la force qu'ils produisent se divise en deux parties égales : l'une agissant de haut en bas et détruite par la résistance du terrain ; l'autre s'exerçant de bas en haut contre la masse du corps qu'elle pousse en haut et en avant ; celle-ci se transmet par l'articulation coxo-fémorale, le bassin, l'articulation ilio-sacrée, la colonne vertébrale, au centre de gravité et aux régions antérieures du tronc. A eux seuls ces appendices forment l'arc ou la tige brisée et sinueuse, dont la détente produit une partie de l'impulsion ; la colonne dorso-lombaire ne saurait être regardée comme constituant une moitié de ce qui a été appelé l'*arc puissant* (2) et considéré comme l'agent unique de la force de traction. La colonne dorso-lombaire n'est qu'une tige de transmission intermédiaire aux parties

(1) *Considérations sur le tirage des voitures et sur l'emploi des forces du cheval*, traduit de l'ouvrage anglais *the Horse* (*Journal des haras*, t. V, 5e série, XLI de la collection 1846, p. 342).

(2) Prince, *Considérations théoriques sur le principe du tirage* (*Journal de médecine vétérinaire de l'école de Lyon*, 1846, t. II, p. 599 et 602).

qui meuvent et à celles qui doivent être mues, c'est-à-dire intermédiaire à la puissance et à la résistance.

Cette force impulsive, de beaucoup supérieure à celle qui met en mouvement la masse du corps dans la progression simple, dérive donc d'une source unique et d'un mécanisme uniforme. Quelle que soit son intensité, elle n'est produite que par un seul membre à la fois, car les deux ne se trouvent ensemble à l'appui que dans le pas d'une extrême lenteur et à l'instant où l'allure s'engage. Elle est évidemment *développée* suivant une ligne qui s'étend du pied au rachis, en passant par les articulations coxo-fémorale et ilio-sacrée, ligne oblique de bas en haut et d'arrière en avant, formant avec la tige vertébrale un angle d'autant plus obtus que les membres sont plus près de la limite que leur détente est susceptible d'atteindre. Elle *se transmet* de la partie postérieure à la partie antérieure du tronc, c'est-à-dire de la croupe aux régions correspondant au centre de gravité et à la résistance que le collier applique en avant des épaules, par le rachis, suivant la direction DB (fig. 36) qui est précisément la direction générale de la région dorso-lombaire. Enfin, cette puissance *agit* suivant une direction qu'il reste à préciser.

La ligne du développement et celle de la transmission de la force impulsive sont donc rigoureusement établies. Mais il n'en est pas de même de la direction suivant laquelle cette puissance agit ; la détermination de cette troisième ligne comporte des combinaisons compliquées qui renferment en elles toutes les difficultés du mécanisme du tirage.

La puissance d'impulsion agit-elle suivant la ligne de son développement, dans les extrémités postérieures, ou bien suivant celle de sa transmission par le rachis, ou enfin suivant une troisième, parallèle ou non à l'une des deux premières ?

D'abord, cette puissance ne peut agir suivant une droite qui s'étendrait du pied à l'articulation coxo-fémorale ; car, si elle agissait dans ce sens, elle aurait pour effet principal de soulever la partie postérieure du corps, comme cela arrive dans la ruade. Or, ce soulèvement, cette élévation des régions postérieures est très bornée dans la progression de l'animal qui traîne des fardeaux. En second lieu, elle ne peut agir suivant la ligne de la région dorso-lombaire, bien que celle-ci soit l'agent de la transmission de cette force aux parties antérieures du corps, attendu, d'une part, que l'extrémité antérieure de la tige est située plus bas que son extrémité postérieure, disposition qui, dans cette hypothèse, aurait pour résultat de pousser la résistance à mouvoir vers la surface du sol, et, par conséquent, de restreindre l'étendue du déplacement, à supposer qu'elle n'y mît pas obstacle. D'autre part, l'action impulsive ne peut avoir cette direction, puisque la force destinée à mettre en mouvement le centre de gravité et une résistance plus ou moins considérable, se combinant avec la pesanteur qui agit verticalement, donnerait une résultante qui pousserait encore davantage vers la surface du sol la double résistance à vaincre.

Si l'action de la puissance impulsive ne s'exerce, ni suivant l'axe des membres abdominaux, ni suivant la direction de la région dorso-lombaire, en quel autre sens peut-elle avoir lieu ?

Si nous consultons à ce sujet les auteurs qui ont écrit sur le tirage, nous verrons que, pour eux, cette détermination n'a pas offert de difficultés sérieuses. Ils ont tracé sur une figure de cheval un parallélogramme avec la ligne des traits, la tan-

gente à la surface du sol et d'autres lignes, puis ils ont établi une diagonale du point d'appui de l'un des pieds au centre de gravité et à l'insertion des traits. Sans s'inquiéter de donner la raison de cette résultante, ils ont considéré celle-ci comme indiquant la direction même suivant laquelle agit la force de traction. M. Prince (1) seul a nettement caractérisé cette ligne restée énigmatique dans un travail précédemment rappelé. Selon lui, les membres et le rachis formeraient un arc « dont les points extrêmes seraient marqués par la puissance et la résistance. » Dans son opinion, « le mouvement imprimé à la résistance par la puissance doit être suivant une ligne droite allant de la seconde à la première, c'est-à-dire suivant la corde de l'arc. » Néanmoins, pour M. Prince, la ligne dont nous parlons n'exprime pas réellement la direction de la force de traction. « Cette direction serait rigoureuse si la contraction agissait seule. Mais la puissance développée par la contraction est composée avec celle de la pesanteur, modifiée par la résistance du plan que représente le sol. La composition de la pesanteur avec la puissance musculaire donnerait une résultante oblique et formerait un angle inférieur à l'horizon. La résistance du sol, pouvant être considérée comme absolue, rend impossible cette résultante au-dessous de l'horizon, et nécessaire cette direction suivant une parallèle au plan. » Ainsi, d'après cette théorie, la puissance impulsive agirait, si n'était l'intervention de la pesanteur, suivant une ligne étendue du pied au centre de gravité ; mais composée avec la gravitation, cette force tend à pousser la résistance vers le sol dont la surface donne au mouvement une direction horizontale.

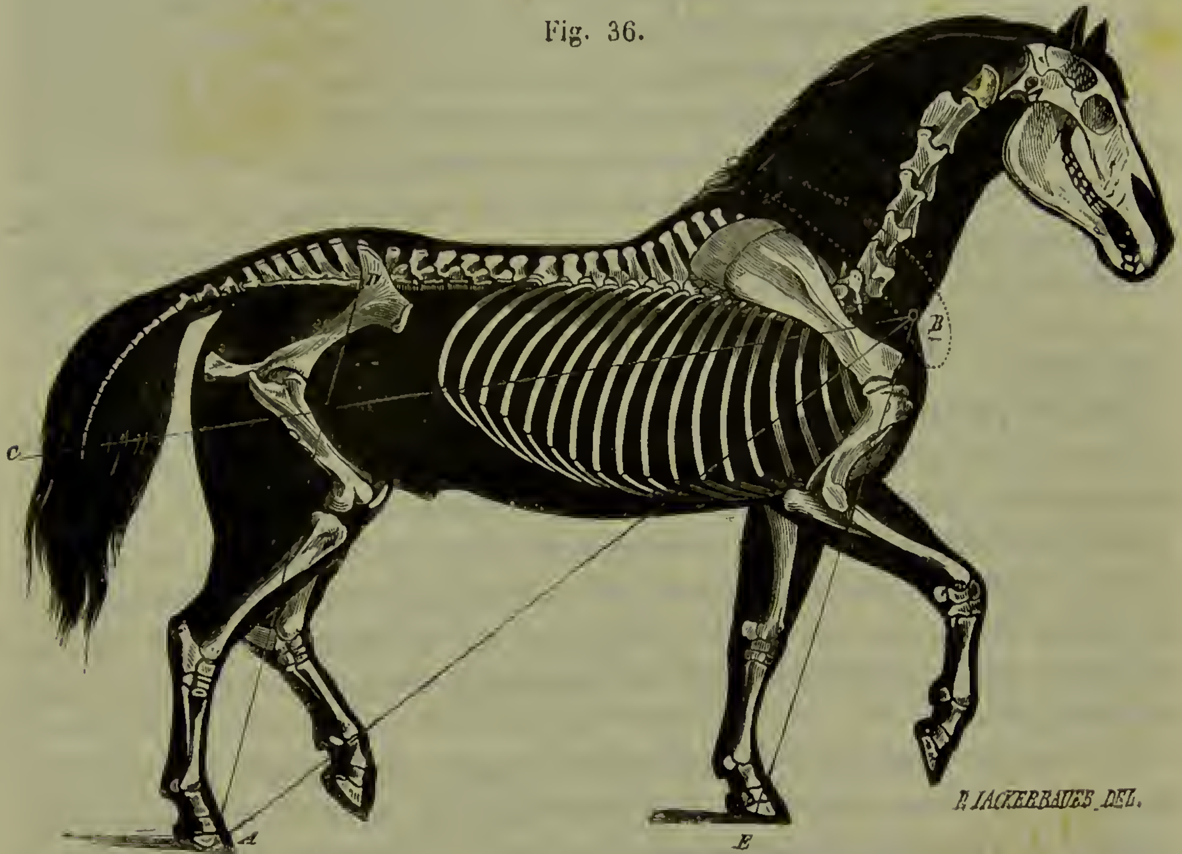
Il nous est bien difficile d'adopter ici les idées de M. Prince, pour plusieurs raisons, dont voici les principales : 1° La ligne tracée du pied au centre de gravité ne réunit nullement les deux extrémités de l'arc, puisque le centre de gravité, étant un peu au-dessus de l'appendice xiphoïde, est bien éloigné de la colonne dorsale ; 2° cette ligne, qui part du pied, ne correspond point, par l'une de ses extrémités, à la puissance, car celle-ci n'est point produite à l'extrémité inférieure même du membre en contact avec le sol ; 3° l'impulsion, si elle suit cette ligne, peut bien se combiner avec la gravitation sans donner forcément une résultante inférieure à l'horizon et sans même s'éloigner beaucoup de sa première direction, ainsi qu'il doit être d'après les lois de l'action angulaire des forces inégales.

Mais de ce qu'on n'a pas suffisamment et rationnellement expliqué pourquoi la force impulsive doit agir suivant une ligne tirée du point d'appui du pied de derrière au centre de gravité et au collier, il ne faudrait point regarder cette ligne comme une fiction. En réfléchissant bien à l'action musculaire qui met l'animal en mouvement, on peut se représenter les membres postérieurs et le rachis comme formant une tige en deux parties articulées l'une avec l'autre au sommet de l'angle qu'elles constituent, tige dont les deux segments sont susceptibles de s'écarter l'un de l'autre, de manière à faire varier l'étendue du sinus qu'ils circonscrivent. En effet, au moment où les membres postérieurs à l'appui commencent à donner l'impulsion, ils forment avec le rachis un angle à peu près droit ; mais, à mesure qu'ils s'étendent pour développer la force qui chasse en avant la masse du corps, l'angle devient de plus en plus obtus. Or, ne semble-t-il pas que la force qui

(1) *Loc. cit.*, p. 599.

écarte les deux branches de la tige, et qui éloigne l'une de l'autre ses deux extrémités, agisse suivant une résultante représentée par la ligne AB (fig. 36) étendue de l'une des extrémités de la tige à l'autre, c'est-à-dire du pied à la partie anté-

Fig. 36.



rieure de la région dorsale, voisine du point correspondant au centre de gravité et au collier.

Soit donc la ligne AB indiquant la direction suivant laquelle s'exerce la puissance d'impulsion. La résistance du fardeau et le centre de gravité qui doivent être mus par cette dernière n'ont pas besoin de se trouver à l'extrémité de la tige vertébrale, puisque le tronc forme un tout dont les diverses parties sont liées ensemble et solidaires les unes des autres. La force exercée suivant AB, se composant avec la pesanteur, ne peut conserver sa première direction, elle donne une résultante qui se rapproche plus de la direction AB que de la ligne abaissée du centre de gravité à la surface du sol, puisque la puissance de projection est très supérieure à la pesanteur du corps. Mais, comme la première est instantanée et que la seconde est incessante, la résultante n'est pas rigoureusement une droite; elle constitue pour chaque détente des membres abdominaux une courbe parabolique légère : aussi est-ce bien suivant cette courbe et suivant une série de courbes semblables (lorsque la progression est prolongée) que se déplace le centre de gravité dans les divers mouvements, et qu'il doit se déplacer également dans les allures de l'animal qui traîne des fardeaux ; mais, pour la facilité de l'explication, nous considérerons cette ligne comme étant sensiblement droite.

Là ne se bornent pas les combinaisons des forces qui agissent dans le tirage. Jusqu'ici nous avons fait abstraction de la puissance impulsive qui dérive des membres antérieurs. Celle-ci, dont l'existence et la participation ne sauraient être niées,

s'exerce suivant une ligne menée de l'appui des pieds antérieurs au point où le collier s'applique en avant des épaules, ligne dont l'obliquité augmente à mesure que les membres, en s'inclinant, arrivent plus près de la limite de leur détente. Évidemment cette nouvelle ligne, plus relevée relativement à l'horizon que celle de la puissance des membres postérieurs, donnera, étant prolongée de même que celle-ci, une résultante intermédiaire à la direction des deux forces composantes, mais plus rapprochée de la ligne d'action des membres abdominaux dont la puissance est prédominante, que de celle des membres thoraciques.

En somme, la résultante générale de l'impulsion dérive donc de la combinaison de la ligne d'action AB des extrémités postérieures, et de celle des extrémités antérieures EB avec la ligne de gravitation. C'est cette résultante générale qu'il faudra maintenant considérer dans ses rapports avec la résistance du fardeau à mettre en mouvement.

Dans le cheval attelé, le collier qui ceint la base de l'encolure s'appuie en avant des épaules, et notamment sur chaque angle scapulo-huméral. Par l'intermédiaire des traits qui, partant du fardeau à traîner, viennent se fixer au tiers inférieur du harnais, la résistance à mouvoir n'est plus en arrière de l'animal, elle est en avant de lui et appliquée contre ses épaules, de telle sorte que l'effort destiné à entraîner le fardeau devient un effort de *prépulsion*, et non un effort de *traction*, et que, par conséquent, toute la puissance du quadrupède est employée à *pousser* au lieu de l'être à *tirer*.

La résistance, ainsi appliquée en avant des épaules, est transmise à ce point par les traits suivant une ligne qu'on appelle la ligne des traits. Celle-ci, plus ou moins inclinée relativement à l'horizon, peut avoir, par sa direction, une influence notable sur l'effet utile de la force employée au tirage. Habituellement, elle forme avec la surface du sol un angle à sinus antérieur, car les traits passent tantôt au niveau du grasset, tantôt à celui du jarret ; il est assez rare qu'ils correspondent à la pointe de la fesse, si ce n'est, pourtant, lorsque le cheval est attelé aux grandes voitures dont les roues de devant ont une élévation considérable ; enfin, il est plus rare encore de les voir descendre du fardeau à traîner vers l'animal, de manière à présenter une direction précisément inverse à celle qui leur est ordinaire. Outre ces variations que la ligne des traits éprouve suivant la hauteur de leur départ au fardeau, et de leur insertion au collier, il en est d'autres, généralement moins sensibles, qui tiennent à la direction du sol sur lequel la progression s'effectue. Ainsi, lorsque l'animal monte, cette ligne forme un angle plus ouvert avec l'horizon que lorsqu'il descend, etc.

Le point d'application de la résistance à vaincre et la direction des traits étant déterminés, il devient facile de voir comment s'effectue l'action réciproque des deux forces qui luttent l'une contre l'autre. D'une part, la résultante que nous avons obtenue en combinant les lignes d'impulsion des membres postérieurs et des antérieurs avec la ligne de gravitation indique le sens suivant lequel agit la puissance musculaire ; d'autre part, la ligne des traits donne la direction propre à l'action de la résistance. Ces deux grandes lignes qui se réunissent nécessairement au point d'application de la résistance, c'est-à-dire à l'insertion des traits sur le collier, mettent la force de traction dans des conditions d'autant plus avantageuses que la pre-

mière forme avec la seconde un angle plus aigu, ou en d'autres termes, qu'elles se rapprochent davantage du parallélisme. En effet, si les deux forces agissaient suivant des lignes superposées ou confondues l'une avec l'autre ; si, en un mot, la ligne des traits était la même que la ligne de la force de traction, il n'y aurait pas de déperditions : la puissance musculaire pousserait en avant la résistance appliquée au collier, suivant une droite qui ferait, je suppose, un angle de 25 degrés avec l'horizon, et la résistance lutterait contre cette force suivant la même ligne ; il y aurait opposition complète, et la puissance ayant une intensité supérieure à la résistance du fardeau, celle-ci serait entraînée. Au contraire, si les deux lignes forment un angle, elles n'agissent plus dans une direction commune et, par conséquent, il en résulte une perte de puissance effective proportionnelle au degré d'ouverture de l'angle.

Il est difficile de préciser, d'une manière rigoureuse, quelle est la direction la plus convenable à donner à la ligne des traits. On peut bien dire théoriquement que la plus avantageuse est celle de la ligne de traction elle-même ou de la résultante impulsive ; mais comme cette dernière n'est établie que vaguement, toute solution exprimée par des chiffres est à peu près impossible. D'abord, la résultante des deux lignes d'impulsion des membres antérieurs et des postérieurs n'a point été établie, quoique les deux lignes isolées le soient, et elle ne peut l'être, parce qu'on ignore le rapport exact qui existe entre l'intensité de la force développée par les membres thoraciques et celle qui l'est par les membres abdominaux. Ensuite, à supposer que cette première résultante fût trouvée, il resterait à établir le rapport qui existe entre l'intensité de la force totale d'impulsion et celle de la pesanteur, afin d'arriver à une dernière résultante qui serait la ligne de la puissance susceptible d'agir réellement sur le fardeau à traîner. Or, le problème posé en ces termes est insoluble ; il renferme à lui seul plus de difficultés que la quadrature du cercle et tant d'autres questions ardues n'en présentent aux mathématiciens. Ici, le tirage nous offre un exemple de ces difficultés que rencontre si souvent le physiologiste : le problème est donné, mais ses termes manquent, ou s'ils existent, ils n'ont pas une valeur qui permette de les soumettre au calcul.

Bien que la direction la plus favorable à donner aux traits ne soit susceptible d'être indiquée exactement que d'après la connaissance de la ligne de traction, divers auteurs ont cru pouvoir l'établir avec plus ou moins de précision : M. Prince veut que les traits partent des fardeaux aussi près que possible de la surface du sol, de manière à se rapprocher d'une droite tirée de l'appui des pieds de derrière au centre de gravité, et en cela il se montre conséquent avec ses idées sur le tirage. Youatt dit que leur direction doit varier suivant la force de l'animal, les efforts qu'il est obligé de faire, la vitesse de ses allures, l'inclinaison des routes, l'état des véhicules qui portent les fardeaux. Ainsi, d'après lui, ils devraient avoir, pour un cheval musculeux très fort, une inclinaison moyenne de 15 degrés et se trouver, à partir du collier, plus inclinés vers le sol chez le cheval très vigoureux que chez celui de force moyenne ; pour un animal d'une énergie ordinaire, ils exigeraient une inclinaison égale à un sixième ou à un septième de leur longueur ; enfin, pour le cheval faible et pour celui dont la progression est un peu rapide, ils gagneraient à se rapprocher davantage de l'horizontale.

La direction des traits, lorsqu'elle est très inclinée, fait que la résistance, qui habituellement ne pèse pas sur l'animal, quoi qu'en disent certains auteurs, pèse au point d'application du collier d'un poids plus ou moins considérable; circonstance dans laquelle se trouvent des animaux de grande taille attelés à une charrue ou à une voiture dont les roues de devant ont un très petit diamètre, et aussi tous ceux qui ont à gravir des pentes plus ou moins rapides. Cette direction a, du reste, dans tous les cas, l'inconvénient de s'opposer à ce que le propre poids de l'animal s'ajoute à sa force musculaire pour vaincre la résistance des fardeaux.

L'insertion plus ou moins relevée des traits sur le collier fait ainsi forcément un peu varier leur inclinaison; ils s'écartent, en général, de l'horizontale, à mesure que le crochet qui les fixe au collier s'élève plus au-dessus de l'angle scapulo-huméral; ils se rapprochent, au contraire, de cette ligne quand l'animal est attelé à ce qu'on appelle la *bricole*, sorte de harnais analogue aux courroies jetées en avant du poitrail, et en usage chez les anciens, autant qu'on peut en juger par les bas-reliefs des monuments et les descriptions des poëtes. Mais ce serait, à n'en pas douter, une fort mauvaise combinaison que celle qui modifierait le degré d'inclinaison des traits par la hauteur plus ou moins grande de l'insertion de ceux-ci sur le collier, car leur attache trop relevée permet au harnais de basculer de bas en haut à chaque projection de l'épaule en avant.

La longueur et l'élasticité des traits exercent aussi une influence notable sur le résultat utile des efforts de l'animal. Leur étendue, dès qu'elle est très considérable, leur donne toujours une certaine élasticité qui, pour être mise en jeu, occasionne une certaine déperdition de forces musculaires; il convient donc d'employer des traits aussi courts et aussi inextensibles que possible.

Enfin, diverses particularités du mode d'attelage influent sur la somme de forces que les animaux doivent déployer, sur la continuité ou l'intermittence des efforts qu'ils sont obligés de faire. Ainsi, quelle différence n'y a-t-il pas entre le rôle du limonier et celui des chevaux attachés au-devant de lui : le limonier à lui seul est chargé de retenir la voiture dans les descentes, de la faire reculer ou de la faire tourner lorsque la courbe décrite est d'un faible diamètre. Il supporte une partie du poids de la voiture à deux roues quand le centre de gravité de la charge vient passer en avant du centre des roues, et alors il a besoin de résister énergiquement contre l'action des brancards qui tendent à l'écraser. C'est lui encore qui, dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque le centre de gravité passe en arrière des roues, soit par le fait d'un chargement défectueux, soit par celui de la situation du véhicule sur une pente, résiste aux brancards qui tendent à le soulever. Les autres, attelés au moyen de chaînes, n'ont à tirer qu'en plaine et dans les montées : leur office se réduit à rien ou à peu près dans les descentes, à moins que le sol, dépressible comme celui des prairies ou des terres récemment labourées, ne laisse pas le véhicule se mouvoir en quelque sorte par son propre poids et sa vitesse acquise. Mais l'examen de ces détails nous mènerait trop loin : arrivons à notre seconde espèce de tirage.

2° **Du tirage au joug.** — On appelle ainsi le mode dans lequel la résistance est appliquée à la partie supérieure de la tête par l'intermédiaire du joug.

Les conditions du développement de la force de traction restent ici ce qu'elles

sont pour le tirage au collier, mais celles de la transmission de cette force et de l'application de la résistance offrent des caractères particuliers qu'il importe de déterminer.

Je dis d'abord que les conditions du développement de la force impulsive sont les mêmes dans le tirage au joug que dans le tirage au collier ; et, en effet, il suffit de la moindre réflexion sur le mécanisme du jeu des extrémités pour se convaincre que cette identité d'action ne saurait être contestée : les membres antérieurs partagent évidemment avec les postérieurs le rôle d'agents impulsifs, car ils sont placés en arrière de la résistance qu'il faut faire progresser ; seulement, le jeu des premiers éprouve quelque gêne dans le tirage au collier, tandis qu'il devient tout à fait libre dans le tirage au joug.

La transmission de la puissance de traction, dans le mode qui nous occupe, a lieu, non pas seulement par la portion dorso-lombaire de la colonne vertébrale, mais par toute la longueur du rachis, depuis l'articulation ilio-sacrée jusqu'à la tête : aussi la tige de transmission, étant considérablement allongée, se trouve, par cela même, sensiblement affaiblie, d'autant qu'elle s'agrandit aux dépens de la région la plus mobile de la colonne épinière.

Cette seule circonstance de l'adjonction de la région cervicale à la région dorso-lombaire rend la tige de transmission beaucoup moins apte à remplir un office qui exige une très grande force. La partie de la colonne vertébrale qui s'étend du bassin à la base du cou forme une seule courbure ; elle jouit d'une résistance énorme et d'une mobilité qui est restreinte par de nombreuses dispositions mécaniques ; aussi peut-elle communiquer, sans pertes très sensibles, au centre de gravité et au collier la puissance de prépulsion qui dérive du jeu des membres abdominaux. La partie cervicale du rachis est, au contraire, assez mobile, et elle forme, à sa réunion avec la première, un angle à sinus supérieur ; son annexion à celle-ci est dans une condition très désavantageuse. Cependant, comme le bœuf, ainsi que les autres animaux de son genre, a l'encolure courte, horizontale et fortement musclée, la colonne vertébrale conserve assez de résistance pour transmettre à la partie antérieure de la tête une puissance d'intensité égale à celle déployée par le cheval attelé au collier.

Sans doute, cette puissance éprouve des pertes notables, car elle tend, d'une part, à augmenter la courbure de la région dorso-lombaire, et celle qui existe entre le garrot et les vertèbres cervicales, d'autre part, à produire des inflexions latérales auxquelles doivent s'opposer les masses musculaires ; mais ces pertes seront d'autant moins grandes que la région du dos et des lombes sera plus droite, que le cou sera plus court, et que le sommet de la tête se trouvera plus rapproché d'une ligne tangente à la partie supérieure du corps, toutes conditions que le taureau réunit à un plus haut degré que le bœuf employé au labour et au transport des fardeaux. On conçoit sans peine tout le désavantage que donnent à la transmission de la force impulsive la longueur et les courbures de l'encolure, et partant l'étendue des pertes qu'éprouverait cette force, si des animaux tels que le cheval et le dromadaire étaient attelés comme le bœuf.

La ligne d'action des extrémités est facile à déterminer d'après ce que nous avons dit, à ce sujet, dans le paragraphe précédent ; elle peut être représentée, pour les

membres postérieurs, par une droite menée de l'appui du pied de derrière à la partie supérieure du front, et pour les antérieurs par une autre droite tirée de l'appui des pieds de devant au même point que la première.

Étant donnés le sens du développement et celui de la transmission de l'action de la puissance impulsive, on a tous les éléments physiologiques du tirage au joug. La ligne du développement de la force d'impulsion des extrémités postérieures est la droite AD (fig. 37); la ligne de transmission de cette force est la ligne DB ; celle de

Fig. 37



son action est la droite AB; enfin la résultante de l'action des extrémités antérieures peut être représentée par la droite EB, partant de l'appui d'un pied de devant à la partie antérieure du front.

Les conditions du tirage au joug varient nécessairement suivant qu'un seul animal est attelé à un joug simple, ou que deux animaux sont attelés l'un à côté de l'autre, au moyen d'un double joug.

Lorsque le bœuf est attelé seul, il jouit d'un avantage incontestable. Ses mouvements sont plus libres ; toute la force déployée produit un effet utile; mais alors les traits étant doubles et flexibles, l'animal peut agir sur le fardeau, en plaine et dans les montées, sans pouvoir retenir les véhicules qui se meuvent par leur propre poids et leur vitesse acquise dans les descentes un peu rapides. Sans cette circonstance, il y aurait toujours avantage à atteler les bœufs isolément et à les mettre à la suite les uns des autres, au lieu de les réunir par paires, comme on le fait dès la plus haute antiquité.

Lorsque les bœufs sont attelés deux à deux, l'un à côté de l'autre, à l'aide d'un joug commun, ils perdent une partie des forces qu'ils déploient, et c'est le plus souvent parce qu'ils ne sont ni de force, ni de taille, ni de vitesse égales ; ou s'ils sont, sous ce rapport, dans des conditions identiques, il arrive que l'un est ardent, l'autre paresseux, d'où il résulte que le premier se fatigue plus que le second. En outre, les deux animaux peuvent ne pas harmoniser leurs efforts, s'avancer l'un plus que l'autre, pousser dans des directions qui ne sont point paral-

lèles, s'appuyer chacun sur le timon de la voiture, toutes circonstances qui fatiguent un animal au détriment de l'autre et diminuent la somme de l'effet utile des forces musculaires.

Dans le tirage au joug par deux bœufs attelés de front, les conditions restent, à quelques modifications près, ce qu'elles doivent être pour le tirage avec le joug simple.

La résistance transmise au joug par le timon, puis au front par l'intermédiaire du joug, est reportée uniformément sur toute la largeur de la tête, de telle sorte que l'action exercée sur le joug, ou plutôt sur ses courroies, est une action directe de prépulsion. Quelques auteurs ont cependant avancé que le joug constituait un levier du deuxième genre ayant pour chaque bœuf la puissance à une extrémité, le point d'appui sur la tête de l'autre, et la résistance au milieu; mais c'est une erreur de mécanique qu'il est assez facile de concevoir pour qu'il soit utile de la relever. Lorsque les deux animaux attelés ensemble poussent uniformément, il y a évidemment action directe, et lorsque l'un pousse bien plus que l'autre, l'appui, pour la moitié du joug que porte le plus fort, a lieu sur ce rebord saillant que présente le timon à l'endroit de sa jonction avec le joug, et ce qui le prouve, c'est que si l'on dételle l'un des bœufs, le second continue à traîner la voiture, pourvu qu'elle ne soit pas trop chargée.

L'inégalité d'allure des bœufs attelés ensemble donne lieu à une modification dans le rôle que chacun remplit lorsque la force déployée par les deux est égale de part et d'autre. Si l'un déploie plus de la moitié de la force totale de traction, une partie de l'excédant de cette moitié est employée à pousser l'autre bœuf en arrière, c'est-à-dire à exercer sur lui une pression qui tend à le faire reculer. Le second qui tire moins que le premier, soit parce qu'il est faible, soit parce qu'il ne fait pas assez d'efforts, se fatigue évidemment pour deux raisons : 1° pour la part qu'il prend au tirage ; 2° pour la force qu'il doit opposer à l'action rétrograde exercée sur lui par le bœuf le plus puissant. Aussi, d'après cela, est-il facile de pressentir tout le désavantage qu'il y a à atteler un bœuf faible avec un bœuf fort, un animal lent, paresseux, qui tire à peine, avec un bœuf vif, ardent, qui s'épuise par des efforts peu proportionnés avec ses forces.

Le mode de tirage que nous examinons est influencé par diverses causes, dont les principales sont relatives à la direction de la surface du sol. Ainsi, sur un terrain horizontal, le bœuf qui traîne un fardeau un peu lourd baisse toujours la tête de manière que la nuque reste au-dessous du niveau du garrot et de la ligne dorso-lombaire. Dans les montées, il la baisse encore davantage, à tel point que le sommet de la tête descend à 20, 30 centimètres au-dessous de la ligne du garrot ; les membres sont fortement inclinés de bas en haut et d'arrière en avant, le pas se raccourcit, et les pistes des pieds de derrière ne viennent pas recouvrir celles des pieds de devant. Dans les descentes, au contraire, la tête se relève, le sommet de la nuque vient dépasser le niveau du garrot, les membres arc-boutent en sens inverse de ce qu'ils faisaient dans le cas précédent. Alors si l'animal est obligé à des efforts considérables pour retenir, on voit sa croupe éprouver des vacillations latérales très prononcées, son corps, son encolure surtout, se tordre en divers sens, et sa tête exécuter de brusques mouvements d'élévation alternant avec des mouvements d'abais-

sement plus ou moins marqués. Ici, c'est l'animal le plus vif ou le plus fort qui est le moins avancé parce qu'il retient plus que l'autre.

Le recul des bœufs attelés au joug est excessivement pénible. Lorsque ce mouvement s'opère, la résistance qui doit être poussée en arrière reste appliquée au sommet de la tête, c'est-à-dire en avant des membres; elle est attirée en quelque sorte par un mécanisme que les physiologistes n'ont point encore étudié et qui mérite toute leur attention, car il constitue une exception très remarquable à celui de tous les modes d'impulsion directe ou rétrograde dont nous avons dû exposer rapidement les principaux caractères.

Maintenant, il nous resterait à apprécier en elle-même, sous le rapport de son intensité et de son effet utile, la force que les animaux déploient dans les différents modes de tirage : ce serait le complément des considérations purement physiologiques qui viennent d'être exposées ; mais cette question qui a fait l'objet de nombreuses recherches de la part des physiciens qui ont voulu comparer les moteurs animés aux machines créées par le génie de l'homme, n'est pour nous que d'une utilité très accessoire. Nous ne rechercherons donc pas combien un cheval ou un bœuf peut marcher d'heures à telle ou telle allure, quel est le poids du fardeau qu'il peut transporter sur des routes horizontales ou sur des voies en pente avec telle ou telle espèce de véhicule.

Nous ne nous occuperons pas davantage de l'influence que peuvent avoir sur l'effet utile des forces animales, la forme des véhicules, le diamètre des roues, la largeur des jantes, l'état des routes, la direction de leur surface, la fréquence des obstacles de diverse nature, des ornières, etc., etc. Tous ces détails, d'un haut intérêt au point de vue mécanique, appellent de sérieuses études pour compléter les savants travaux que la science possède à ce sujet depuis quelques années.

CHAPITRE XVII.

DE L'EXPRESSION.

Sous ce titre collectif, nous comprenons la voix, le langage des animaux, les divers moyens dont ils se servent pour traduire leurs sensations et la plupart des passions qu'ils éprouvent. Mais de ces actes et de ces résultats fort nombreux, nous n'examinerons que les plus remarquables, en commençant par la phonation.

I. DE LA PHONATION.

On désigne sous ce nom l'action par laquelle un appareil spécial propre aux animaux qui respirent avec des poumons produit des sons plus ou moins harmonieux dont l'ensemble constitue la *voix*. Cette action, qui se rattache par sa nature intime à celle des autres mouvements, présente des modifications trop profondes et trop nombreuses pour qu'on puisse étudier complétement son mécanisme d'une manière générale. Aussi l'envisagerons-nous à part et successivement chez les mammifères et les oiseaux.

§ Ier. — De la voix des mammifères.

Sans nous arrêter à l'exposition des lois de l'acoustique et à la description sommaire des instruments qui peuvent avoir de l'analogie avec celui qui produit la voix des animaux, nous rappellerons succinctement les points principaux de l'organisation de l'appareil vocal, avant de rechercher le mécanisme d'après lequel celui-ci fonctionne.

De l'appareil vocal. — Composé essentiellement du larynx, cet appareil ne peut cependant remplir convenablement son office, sans le concours des autres organes respiratoires.

Le larynx résulte de la réunion de différentes pièces cartilagineuses, articulées ensemble, mises en mouvement par des muscles et tapissées par une membrane formant des replis susceptibles de vibrer ou des diverticulums dont la cavité peut changer d'étendue et de configuration. Il représente un segment de tube, intermédiaire aux cavités nasales et à la trachée, pourvu de deux ouvertures : l'une supérieure, l'autre inférieure.

Ses parois sont constituées par cinq cartilages : le cricoïde, le thyroïde, les aryténoïdes et l'épiglotte. Le premier et le plus inférieur surmonte la trachée et donne appui aux autres pièces de l'appareil : il ressemble à un anneau fortement élargi à sa partie postérieure ; le second, jeté antérieurement entre les deux branches de la fourche hyoïdienne, se recourbe en une sorte de bouclier prolongé latéralement par deux grandes ailes ; les troisièmes, c'est-à-dire les aryténoïdes, surmontent la partie élargie du cricoïde et se portent en avant, à la face interne des ailes thyroïdiennes ; enfin, le cinquième, attaché en haut et en avant du larynx, protége l'orifice supérieur de la glotte au moment de la déglutition. Outre ces pièces cartilagineuses constantes, il existe entre les aryténoïdes et la base de l'épiglotte de petits cartilages corniculés, et enfin quelquefois, entre les deux aryténoïdes, un noyau impair (1), dont on ne trouve pas de traces chez les solipèdes, les ruminants et beaucoup d'autres grands mammifères.

Les muscles laryngiens sont, les uns plus spécialement affectés au jeu de l'appareil dans la respiration, la déglutition, le vomissement, la rumination ; les autres au mouvement de ses pièces dans la phonation. On en compte cinq réellement intrinsèques : le crico-thyroïdien, le crico-aryténoïdien postérieur, le crico-aryténoïdien latéral, le thyro-aryténoïdien, et l'aryténoïdien, qui est impair. L'hyo-thyroïdien et l'hyo-épiglottique, rangés dans la même catégorie, sont des muscles extrinsèques. Les premiers se trouvent souvent pâles et atrophiés d'un côté chez les animaux solipèdes.

Ces muscles tirent leur motricité de divers petits nerfs qu'on appelle les *laryngés supérieurs* et les *récurrents*. Les premiers ont une influence peu marquée sur la phonation ; mais les seconds paraissent avoir, sous ce rapport, une très grande importance. La section de ces derniers affaiblit considérablement la voix, la rend rauque, et quelquefois l'éteint presque entièrement. Galien avait cru,

(1) Découvert par M. Emm. Rousseau.

d'après des expériences faites sur des porcs, qu'elle rendait les animaux aphones ; je l'ai pratiquée sur de jeunes animaux de la même espèce qui ont pu encore pousser des cris faibles et moins aigus qu'auparavant, résultat qui, du reste, avait été constaté sur des chiens par Haller et d'autres expérimentateurs.

A l'intérieur du larynx, entre les aryténoïdes et le cartilage thyroïde, s'étendent, d'avant en arrière, deux et quelquefois quatre replis membraneux connus sous les noms de *ligaments de la glotte* ou de *cordes vocales*. Les supérieurs, minces, tout à fait membraneux, non doublés par des muscles, sont loin d'être constants. Les inférieurs, épais, doublés par des productions fibreuses élastiques et des faisceaux musculaires, existent toujours et jouent à la manière des cordes vibrantes un grand rôle dans la phonation. Au-dessus et en dehors de celles-ci, entre elles et les ligaments supérieurs, se trouvent souvent des diverticulums connus sous le nom de *ventricules de la glotte*. Enfin, entre les cordes droites et les gauches, est circonscrit l'espace que l'on désigne spécialement sous le nom de *glotte*, et qui se continue entre les aryténoïdes dans le point où il n'y a plus de cordes vocales. Cet espace augmente ou diminue suivant une foule de circonstances.

Le larynx présente un grand nombre de modifications dans sa forme générale, son volume, ses proportions, la configuration de ses cartilages, la disposition de ses rubans, de ses sinus, modifications dont les principales seront indiquées à propos des variations de la voix chez les animaux.

Du mécanisme de la phonation. — Il n'est pas de sujet sur lequel on ait écrit plus de choses dissemblables que sur le mécanisme qui produit la voix.

Dodart (1), depuis Galien et Fabrice d'Aquapendente, est certainement le premier qui ait poussé très loin la recherche du mode de formation de la voix et donné de celle-ci une théorie à peu près complète. Cet auteur regarde le larynx et la glotte, non seulement comme l'organe principal, mais encore comme l'organe unique de la voix. D'après lui, et contrairement à l'assertion des anciens, la trachée-artère ne fait pas l'office d'un corps de flûte et ne prend aucune part réelle à la production de la voix, non plus que la bouche et les fosses nasales. La voix elle-même résulte de deux causes : le mouvement de l'air qui traverse la glotte, et les vibrations ou le frémissement de ses lèvres, d'où il suit que l'appareil vocal est un instrument à vent et à cordes. « Les vibrations des lèvres de la glotte donnent le son, comme l'anche le donne au corps du haut-bois ; la vitesse et les quantités d'air mues à travers cette ouverture donnent les tons et dominent les frémissements de la glotte comme les dimensions du haut-bois dominent les frémissements de son anche et forment les tons de l'instrument. » L'air qui passe dans le larynx fait, selon lui, vibrer les cordes vocales comme un vent impétueux fait résonner « le papier entr'ouvert qui joint un châssis avec la baie d'une fenêtre. » Néanmoins, il n'assimile pas complétement l'organe de la voix à ce qu'il appelle le *châssis bruyant*, car il signale entre eux plusieurs différences. Dans le châssis bruyant, l'ouverture du papier restant la même, le ton ne peut changer que par l'intensité du courant d'air, tandis que dans la glotte, l'ouverture se rétrécit et se dilate plus ou moins, pour donner

(1) *Mémoire sur les causes de la voix de l'homme et de ses différents tons* (*Histoire de l'Académie des sciences*, 1700, p. 239).

les divers tons de l'échelle musicale. Deuxièmement, dans le châssis bruyant, l'air s'engouffre avec une impétuosité variable, et dans l'instrument vocal, il est poussé uniformément; mais, la quantité de fluide restant la même, il s'écoule à travers la glotte avec une vitesse proportionnée au degré de rapprochement des cordes. Troisièmement, enfin, c'est encore de l'aptitude des lèvres à se rapprocher et à s'éloigner l'une de l'autre que dépend ent l'affaiblissement et le renforcement des tons de la voix.

Ainsi d'après Dodart, la voix est produite par deux causes : l'une, principale, qui est le mouvement, le choc, la collision de l'air qui traverse le larynx ; l'autre, accessoire, qui est le frémissement des lèvres de la glotte. Le ton qui la caractérise dépend des degrés de vitesse que l'air éprouve en passant par la fente laryngienne, et cette vitesse est en relation intime avec le plus ou le moins de dilatation et de resserrement de la cavité laryngienne : les grandes dilatations étant pour les tons graves, et les petites pour les tons aigus. Enfin, l'intensité ou la force du son tient aux divers degrés de dilatation de la glotte.

Ferrein (1), dans un mémoire d'une précision et d'une clarté admirables, s'attache, après avoir réfuté les idées de Dodart, à présenter une nouvelle théorie dans laquelle il considère l'organe de la voix comme un instrument à cordes mis en jeu par l'air lui-même. Pour lui, l'organe vocal n'est plus la glotte, mais bien les rubans qu'il appelle les cordes vocales. Celles-ci vibrent ou frémissent de même que les cordes d'une viole; c'est l'air mis en mouvement par la poitrine qui constitue l'archet destiné à les faire trembler avec plus ou moins de rapidité.

Ces cordes si courtes qu'elles soient, peuvent, par suite de la vitesse de leurs vibrations, donner tous les tons de la voix ; elles sont susceptibles d'éprouver une élongation et un raccourcissement très sensibles, par le jeu des cartilages sur lesquels sont fixées leurs extrémités. C'est de l'air transmis avec plus ou moins de force que dépend la rapidité de leurs mouvements vibratoires. Lorsqu'elles sont allongées, leur tension augmente, leurs vibrations sont rapides et les sons deviennent aigus ; au contraire, lorsque ces cordes se raccourcissent, elles se détendent, leurs vibrations se ralentissent et les sons acquièrent de la gravité. Quant à l'intensité ou à la force de ceux-ci, elle tient seulement à la vitesse du courant d'air qui passe entre les cordes vocales ; intensité qui est d'autant plus considérable que le rétrécissement de la glotte est plus prononcé.

Ferrein fonde sa théorie sur des expériences très simples. En soufflant de bas en haut dans la trachée-artère il donne lieu, sur le cadavre, à des sons qui reproduisent la voix de l'animal sur lequel il opère : il parvient, avec quelque précaution, à imiter le mugissement du bœuf, les plaintes du chien, les cris aigus et le grognement du porc ; la violence avec laquelle il pousse l'air ne fait pas changer le ton de la voix , elle lui laisse la gravité ou l'acuité qui lui est propre. Les vibrations des rubans de la glotte lui semblent appréciables à la vue ; il les modifie à volonté, ou les arrête suivant qu'il fait varier la tension de ces rubans ou qu'il les pince sur un point de leur longueur. Enfin, il résume sa manière de voir en comparant l'appareil vocal à cet instrument à corde et à vent composé de deux petites pièces de bois

(1) *De la formation de la voix de l'homme* (*Histoire de l'Académie des sciences*, 1741, p. 403 et suivantes).

laissant entre elles une fente occupée par un petit ruban. C'est au jeu de cet appeau qu'il assimile le mécanisme de la phonation.

La théorie d'après laquelle les vibrations des rubans de la glotte sont considérées comme la cause de la phonation a été partagée, avec quelques modifications, par un grand nombre de physiologistes. Elle a été développée par Müller dans un très long travail plein de faits précieux et d'expériences habilement exécutées. La voici à peu près telle qu'il l'a exposée.

D'après ce savant physiologiste, l'organe de la voix devrait être assimilé à une anche à deux lèvres membraneuses susceptibles de vibrer et de donner par leurs vibrations tous les tons de l'échelle musicale, à des degrés divers d'intensité. Les ligaments inférieurs de la glotte seraient, dans cet instrument, les agents principaux de la formation de la voix ; ils vibreraient à la manière des cordes et des languettes membraneuses ; leur longueur, si peu considérable qu'elle soit, suffirait, contrairement à l'assertion de quelques physiciens, à la production des sons les plus graves.

Par un grand nombre d'expériences faites sur des larynx artificiels, Müller a constaté l'exactitude des observations de Ferrein, qui avait trouvé que la moitié des cordes vocales donne l'octave, et leur tiers la quinte du son fondamental. Il est arrivé, en poussant de l'air dans la trachée à laquelle se trouvait attaché le larynx convenablement disposé, à des résultats très intéressants qui servent de base à sa théorie. 1° D'après ses expériences, les cordes vocales donnent, lorsque la glotte est rétrécie, des sons pleins qui se rapprochent beaucoup de ceux de la voix humaine, si l'on opère sur un larynx d'homme; on en obtient d'analogues en soufflant dans un tube à une extrémité duquel sont fixées des bandelettes de tuniques artérielles ou de petites lames de caoutchouc. 2° Les sons ainsi obtenus perdent de leur intensité si l'on enlève les ventricules, les ligaments supérieurs et l'épiglotte dont la résonnance sert au renforcement de la voix. 3° Les sons sortent plus facilement et acquièrent plus de force si la partie de la glotte comprise en arrière des cordes vocales et des aryténoïdes est fermée ; mais ils ne s'éteignent pas lorsque cette fente reste entr'ouverte. 4° La hauteur du son reste la même, par une tension soutenue, quel que soit le degré d'ouverture ou d'occlusion de la partie supérieure de la glotte. 5° L'élévation des sons n'est pas sensiblement modifiée par la plus ou moins grande dilatation de la glotte ; et l'air qui passe entre les aryténoïdes, au point où il n'y a pas de cordes vocales, ne contribue en rien à la formation de la voix. 6° L'inégalité de tension des deux cordes vocales ne donne généralement pas lieu à deux sons différents. 7° Les sons se produisent, soit que les cordes se trouvent très rapprochées, soit qu'elles se touchent complétement. 8° Ils peuvent être formés, même lors du relâchement complet des cordes, pourvu que la glotte soit fort raccourcie. 9° Ceux qui sont aigus se produisent quand les lèvres éprouvent une tension considérable, et ceux qui sont graves quand elles sont relâchées. Les uns et les autres se forment dans ces conditions, quelle que soit, du reste, la longueur de la glotte. 10° L'épiglotte, les ligaments supérieurs, les ventricules du larynx et toutes les autres parties situées au-dessus des cordes vocales, ne sont point nécessaires à la production des sons, quels qu'ils soient ; les ventricules paraissent destinés à isoler les cordes vocales, afin que leurs vibrations ne soient point gênées. 11° La longueur de la trachée, dont l'office est analogue à celui d'un porte-vent, n'exerce pas d'in-

fluence notable sur l'élévation des sons. 12° Enfin, le double tuyau ajouté à l'organe vocal, savoir, le tube buccal et le tube nasal, ne peut pas agir autrement qu'un corps de tuyau simple, quant à l'élévation du son ; mais il change l'éclat de ce dernier par l'effet de la résonnance.

La théorie de la formation de la voix par la vibration des rubans de la glotte, si vraisemblable qu'elle paraisse, et si séduisante qu'elle soit, n'est pas à l'abri de toute objection. Plusieurs physiciens l'ont rejetée, en s'appuyant principalement sur cette considération, que d'abord les cordes vocales ne sont pas assez longues pour que leurs vibrations donnent lieu à tous les tons, depuis les plus graves jusqu'aux plus aigus, et qu'ensuite le courant d'air qui met ces cordes en mouvement n'a jamais assez de force pour les faire vibrer de manière à produire des sons d'une intensité telle que celle de la voix de l'homme et des animaux. Sans nous arrêter à ces objections dont la valeur est fort contestable, et en laissant de côté les variantes infinies proposées par les auteurs (1) au sujet du mécanisme de la phonation, nous apprécierons sommairement le rôle qui paraît dévolu à chacune des parties de l'appareil vocal.

Le larynx est incontestablement l'organe essentiel de la voix, et, dans cet organe, la glotte, c'est-à-dire la fente comprise entre les cordes vocales, et ces cordes elles-mêmes, sont les parties réellement productrices du son. Les expériences démontrent qu'une ouverture pratiquée à la trachée, sur un point quelconque de sa longueur, ou au larynx au-dessous des ligaments inférieurs de la glotte, rend l'animal aphone et s'oppose même à la formation d'un bruit sourd analogue à la voix ; elles font voir, qu'au contraire, une ouverture au larynx au-dessus de la glotte, ne détruit point la voix et laisse à celle-ci la plupart de ses caractères ; enfin, elles établissent clairement que l'épiglotte, la partie supérieure des aryténoïdes, les ligaments supérieurs et les ventricules, sont des parties accessoires dont la destruction ne trouble pas notablement la phonation. Ces résultats qui se produisent sur les animaux vivants sont en partie confirmés par ceux qu'on obtient sur le cadavre. En effet, les expériences de Ferrein, celles de Müller, ont prouvé qu'on peut en soufflant dans un larynx encore adhérent à un bout de la trachée, obtenir des sons très purs, pourvu que la glotte soit un peu rétrécie et les cordes vocales légèrement tendues.

Celles-ci jouent donc, par elles-mêmes, le rôle le plus essentiel des parties affectées à la phonation : constituées par des replis muqueux, doublées d'une lame fibreuse élastique et de bandelettes musculaires, elles se trouvent dans un état permanent de tension qui peut augmenter sous l'influence de leurs muscles propres et des mouvements des cartilages laryngiens, notamment par la rétropulsion des aryténoïdes qu'opèrent les muscles crico-aryténoïdiens. Les propriétés dont elles jouissent les rendent aptes à vibrer avec plus ou moins de force et de rapidité, sous l'influence de l'air que chassent les poumons. Les vibrations de ces cordes donnent des sons d'autant plus variés qu'elles sont mieux circonscrites et mieux isolées à leurs bords et à leur face extérieure ; leur lésion altère profondément la voix, et leur destruction l'abolit tout à fait.

Les cordes vocales supérieures, ou ligaments supérieurs de la glotte, ont une uti-

(1) Voy. Cuvier, *Anat. comp.*, 2e édit., t. VIII. — Dutrochet, *Essai sur une nouvelle théorie de la voix*, Paris, 1806. — Savart, *Mém. sur la voix humaine, sur celle des oiseaux.* — Müller (*Manuel de physiologie.* Paris, 1851, t. II, p. 167), Cagniard-Latour, etc.

lité secondaire, et ce qui suffit à le prouver, c'est qu'elles manquent chez un grand nombre d'animaux : leur section, qui a été opérée chez le chien et le chat, n'a rien ôté à la voix de son acuité normale.

La glotte se resserre pendant la phonation et devient quelquefois tellement étroite, que les rubans se mettent presque en contact l'un avec l'autre ; l'espace qui est en arrière ou la glotte inter-aryténoïdienne, se ferme à peu près complétement, d'après M. Magendie ; l'air qui la traverse ne paraît pas contribuer à la formation de la voix. La forme qu'acquiert la glotte inter-ligamenteuse, et le rapport qui existe entre ses dimensions et celles qu'elle peut avoir à l'état normal, n'ont point encore été déterminés : très probablement, ces dimensions varient à l'infini suivant la gravité, l'acuité et l'intensité des sons.

Les ventricules qui sont regardés par certains physiologistes (M. Longet entre autres) comme indispensables à la phonation, surtout pour renforcer le son, ne paraissent pas avoir un rôle bien essentiel, si l'on en juge par la fréquence des cas où ils manquent ; il est probable que leur usage est d'isoler les cordes vocales, afin qu'elles puissent vibrer librement, et de contribuer au renforcement du son.

L'épiglotte est généralement considérée comme étant sans influence sur la formation de la voix : son ablation ou son excision partielle ne modifient pas sensiblement le son ; quelques auteurs lui ont attribué l'office « d'enfler celui-ci, depuis la vibration la plus courte jusqu'à la plus étendue, sans que le ton éprouve le moindre changement », mais ce n'est là qu'une hypothèse, contredite par l'expérimentation.

Les autres parties de l'appareil respiratoire concourent pour une part plus ou moins grande à la formation de la voix. La trachée qui conduit au larynx l'air chassé par les poumons joue évidemment le rôle d'un porte-vent. Sa longueur qui est si variable, sa direction, sa forme cylindrique un peu aplatie, son extensibilité et l'élasticité de ses parois, n'ont pas paru aux physiciens des circonstances susceptibles de modifier l'élévation et les autres caractères des sons produits dans le larynx. Enfin, toutes les parties super-laryngiennes, l'arrière-bouche, les poches gutturales des solipèdes, les fosses nasales, constituent un tube surajouté à l'appareil de la phonation ; elles modifient considérablement la voix sous le rapport de l'intensité, du ton et du timbre ; on sait, en effet, que la plus légère diminution dans l'espace que les fosses nasales offrent au passage de l'air suffit pour altérer profondément le timbre et divers autres caractères de la voix ; on s'assure aussi, par le secours d'une expérience très simple, que l'occlusion des narines nuit beaucoup au retentissement de la voix et à la pureté des sons.

La voix présente, chez les mammifères, des modifications infinies dont les causes tiennent à la fois à la conformation du larynx et à la disposition des cavités situées au-dessus de la glotte. Ces modifications dont les causes résident aussi, en partie, dans les modes divers suivant lesquels l'appareil vocal est mis en jeu, varient non seulement d'espèce à espèce, mais encore d'individu à individu et d'un sexe à l'autre. Il est donc rationnel de rechercher la relation qui peut exister entre les formes, les dimensions du larynx et les caractères si diversifiés de la voix, c'est-à-dire de trouver la coïncidence de telle particularité de la voix avec telle disposition anatomique, et de voir comment l'une est la conséquence de l'autre ; tâche difficile dont l'accomplissement exigerait une étude minutieuse de l'appareil vocal comparé aux instru-

ments de musique, à supposer qu'avec ce secours on pût arriver à tout expliquer, ce qui est fort douteux, car il est mille nuances de la voix qui dépendent du mode d'après lequel le larynx fonctionne, de même qu'il est une série de tons qui résultent, dans un instrument donné, de la force avec laquelle on touche une corde plus ou moins tendue, ou de celle qu'on met à pousser l'air dans une embouchure. Mais quoi qu'il en soit, essayons de rassembler au moins une partie des éléments du problème.

Notons, tout d'abord, que le volume du larynx a une grande influence sur la gravité, l'acuité des sons et la force de la voix ; les grands animaux, suivant la très judicieuse remarque de Dugès, ont tous la voix plus forte et plus grave que les animaux de petite taille, différence qui frappe quand on compare des espèces de haute stature avec des petites appartenant au même genre, le lion et le chat, par exemple, ou de très jeunes sujets avec des sujets arrivés à l'âge adulte. On sait, en effet, que la voix acquiert de la force et de la gravité à mesure que les animaux arrivent plus près du terme de leur accroissement, et, par conséquent, à mesure que les proportions de leur appareil vocal deviennent plus considérables.

L'organisation propre à chaque espèce entraîne, à elle seule, les différences les plus essentielles et les mieux caractérisées ; on en compte une multitude : le hennissement du cheval, le braiement de l'âne, le beuglement ou le mugissement du bœuf, du bison et des autres animaux du même genre, le grognement du porc, l'aboiement du chien, le hurlement du loup, le rugissement du lion, le miaulement du chat, etc.

Le sexe, l'état de l'appareil reproducteur en déterminent aussi quelques unes, en général moins sensibles chez les animaux que dans l'espèce humaine. En effet, il n'y a pas une différence très tranchée entre le mugissement du taureau et celui de la vache, entre le grognement de la truie et celui du verrat, de même qu'entre la voix du mâle et celle de la femelle du chien, du chat, etc. ; il n'y a pas entre la voix du bœuf et celle du taureau des nuances aussi marquées qu'entre la voix de l'homme non mutilé et celle de l'eunuque ; néanmoins, pour certains animaux, le contraste est frappant : le cheval hongre et la jument ne hennissent plus guère, tandis que l'âne et le mulet qui ont subi la castration continuent à braire.

Arrêtons-nous un instant sur les différences de la voix qui caractérisent les espèces.

Les solipèdes dont l'organisation est si remarquablement uniforme, sous presque tous les rapports, sont, comme on le sait, loin d'avoir une voix et un larynx semblables pour tous ; chacun d'eux a, sous ce double point de vue, quelque particularité qui peut servir de caractère spécifique.

Chez le cheval, le larynx fait un angle assez prononcé avec la trachée ; la glotte présente une aire triangulaire dont la base répond à la partie inférieure des aryténoïdes ; sa moitié comprise entre ceux-ci, c'est-à-dire la glotte inter-aryténoïdienne, correspond à l'axe du canal trachéal et offre une largeur assez considérable ; les cordes vocales bien détachées, tout à fait libres à leur bord supérieur et à leur face externe, ont une longueur moyenne de 4 centimètres et demi ; elles laissent entre elles un écartement de 2 centimètres à leur extrémité postérieure ; une forte couche de tissu élastique entre dans leur composition, et le faisceau le plus considérable du

thyro-aryténoïdien les double dans toute leur étendue. En dehors de ces cordes, admirablement disposées pour vibrer avec force, se trouve de chaque côté un ample ventricule dont l'entrée, tenue béante par l'appendice corniculé de l'épiglotte, a plus d'un centimètre et demi de longueur, et dont le fond appliqué sur la face interne du thyroïde s'étend en haut et en arrière sur un diamètre de plus de 3 centimètres et demi ; ces diverticulums paraissent devoir servir à la formation des sons graves. Le sinus sous-épiglottique présente un petit repli muqueux transversal fort mince et appuyé sur la commissure des lèvres de la glotte, repli qui vibre peut-être comme le ruban d'un appeau.

Le hennissement de ce solipède consiste en une succession de sons saccadés, d'abord très aigus, puis graduellement plus graves, mais toujours très purs et d'un éclat remarquable.

Hennissement du cheval (1). — *Violon.*



Ces sons se produisent par une suite d'expirations courtes et comme convulsives. Hérissant (2) rapporte les sons aigus au trémoussement de la petite membrane du sinus sous-épiglottique, et les sons graves aux vibrations des cordes vocales; mais rien ne vient à l'appui de cette hypothèse. D'après tout ce qu'on sait sur le mécanisme de la phonation, il faut regarder les cordes vocales comme produisant les sons aigus quand elles sont très rapprochées, fortement tendues et animées d'un mouvement vibratoire rapide; puis les sons, de plus en plus graves à mesure qu'elles s'écartent, se détendent et vibrent avec plus de lenteur. Les ventricules du larynx, dont l'entrée s'agrandit en raison directe du rapprochement des cordes vocales, peuvent contribuer au retentissement de la voix, car leur cavité persiste constamment, sans pouvoir diminuer de beaucoup, si ce n'est en haut par la contraction du faisceau supérieur du thyro-aryténoïdien, faisceau qui constitue réellement un muscle propre au ventricule.

(1) Je dois cette imitation à l'obligeance de M. Vanier, jeune pianiste très habile.
(2) *Recherches sur les organes de la voix des quadrupèdes et des oiseaux* (*Mémoires de l'Académie des sciences*, 1754, p. 283).

La voix du cheval est modifiée, peut-être très légèrement, par l'action des poches gutturales et des fausses narines. Les premières, dans lesquelles l'air peut s'engager par les orifices des trompes d'Eustachi, ne sont probablement pas étrangères au retentissement des sons produits dans le larynx ; mais cette participation que font présumer le gonflement et l'affaissement alternatifs qu'elles éprouvent, sous l'influence de la respiration et qui deviennent manifestes quand le pharynx est mis à découvert, ne saurait être bien appréciée, car après leur ouverture, le hennissement du cheval entier conserve à peu près ses caractères ordinaires.

Quant aux fausses narines, cavités coniques étendues de l'aile interne des naseaux au sommet de l'espace triangulaire compris entre le sus-nasal et le petit sus-maxillaire, elles ont été regardées comme nécessaires au hennissement, peut-être parce qu'on les voit s'enfler lorsque cet acte se produit : aussi, dans certains pays, on fend leur paroi externe dans le but d'empêcher le cheval entier de hennir ; mais cette opinion n'a rien de fondé, et l'opération dont elle a amené l'usage ne saurait avoir aucun résultat très appréciable. J'ai fendu la paroi externe de ces cavités sur des chevaux, leur paroi interne sur d'autres : les animaux ont continué à hennir aussi facilement qu'auparavant, et ni le timbre, ni l'intensité du bruit n'ont éprouvé de changements manifestes.

Le hennissement est propre au cheval entier ; le cheval hongre et la jument ne hennisent pas, si ce n'est très rarement ; alors la voix que ces derniers font entendre diffère assez notablement de celle qui appartient à l'animal non mutilé ; elle est plus brève, plus aiguë et moins éclatante que cette dernière.

Indépendamment du hennissement, le cheval a encore un cri aigu parfois assez prolongé, mais d'ordinaire très court, qu'il fait entendre lorsqu'il éprouve de mauvais traitements, et lorsqu'il souffre d'une opération chirurgicale. J'ai provoqué ce cri particulier en lésant certaines parties de l'encéphale, notamment les tubercules bigéminés et l'origine de la moelle allongée.

Chez l'âne, le larynx, par sa forme générale, ressemble tout à fait à celui du cheval ; mais il en diffère par la disposition de l'entrée des ventricules et par celle du sinus sous-épiglottique. Chaque ventricule très ample a une entrée arrondie, fort étroite, quelquefois à peine apparente, située vers le tiers antérieur des cordes vocales ; le sinus sous-épiglottique très profond et prolongé sur les côtés de la commissure des cordes vocales, est dépourvu du repli muqueux transversal qui existe chez le cheval ; l'ouverture ovalaire de ce sinus, circonscrite par une bordure membraneuse, se ferme quand l'épiglotte revient sur elle-même, et se dilate au contraire lorsque ce cartilage s'élève et se porte en avant ; la cavité même du sinus augmente ou diminue sous l'influence de la même cause ; les cordes vocales sont simples comme chez les autres solipèdes, et leur bord supérieur est nettement découpé malgré l'étroitesse de l'orifice des ventricules.

La voix de l'âne, ou le braiement, diffère essentiellement du hennissement du cheval. Elle consiste en une succession de sons aigus alternant régulièrement avec des sons très graves, sur une même octave. Hérissant (1) a remarqué que les

(1) *Loc. cit.*, p. 286. Cette observation est confirmée pour le cheval par M. Segond (Müller, *Manuel de physiologie*, 2e édit., t. II, p. 231).

premiers se forment dans l'inspiration, et les seconds dans l'expiration; seulement, il s'est trompé en rapportant les sons graves et éclatants à l'air qui s'engouffre dans le sinus sous-épiglottique, au lieu de les attribuer comme les autres aux vibrations des cordes vocales. On voit très bien, pour peu qu'on fasse attention aux mouvements du flanc et au jeu des naseaux, que ce braiement s'opère pendant une série d'inspirations et d'expirations précipitées et comme convulsives, et qu'il est trop continu et trop prolongé pour qu'il puisse se produire dans une suite d'expirations. Son mécanisme, si simple qu'il paraisse, implique pourtant une difficulté sérieuse, car on ne connaît pas bien comment les sons aigus peuvent se former dans l'inspiration, alors que la glotte est légèrement dilatée, et que, par conséquent, les cordes vocales sont peu tendues, tandis que les sons graves sortent dans l'expiration, pendant que la glotte est resserrée et que les cordes vocales sont à leur maximum de tension.

La part que les sinus, les ventricules de la glotte, les poches gutturales, les cavités nasales et les fausses narines peuvent prendre au braiement, est tout à fait indéterminée. Cuvier a dit, et d'autres auteurs ont répété, que le retentissement de la voix tenait au sinus sous-épiglottique, mais rien ne prouve que cette assertion soit acceptable. On ne saurait attribuer aux fausses narines dont le fond offre plusieurs petites cellules et aux poches gutturales un rôle plus important que celui qu'elles ont chez le cheval. Il est à noter cependant que les fausses narines se prolongent à la face externe du grand sus-maxillaire jusqu'au faisceau nerveux destiné aux ailes du nez et à la lèvre supérieure.

La voix de l'âne n'offre pas de variétés remarquables; celle de l'ânesse, suivant l'observation de Buffon (1), est plus claire et plus perçante, et celle de l'âne hongre plus basse que la voix du mâle entier. L'hémione a un braiement fort analogue à celui de l'âne, mais d'une intensité et d'un éclat que n'atteint pas ordinairement la voix du dernier solipède.

Le mulet a un larynx qui n'est ni celui du cheval, ni celui de l'âne. Ce larynx, dont la forme générale et les proportions sont celles que présente le même organe dans les autres solipèdes, se distingue néanmoins très bien par quelques caractères particuliers; il a des ventricules à large ouverture, comme le cheval, mais son sinus sous-épiglottique est divisé en trois petites cellules, deux latérales toujours béantes, et une moyenne dont l'entrée, circonscrite par un repli vertical en croissant, s'ouvre à mesure que l'épiglotte est soulevée et ramenée sur la base de la langue. Le bardeau a le larynx parfaitement semblable à celui du cheval, des ventricules à larges ouvertures et un sinus sous-épiglottique simple, mais dépourvu de lame transversale couchée sur la commissure des cordes vocales; il hennit comme ce dernier solipède (2), tandis que le mulet a une sorte de braiement très faible analogue à celui de l'âne.

En comparant la voix du bœuf à celle des solipèdes, on est frappé de la différence considérable qui existe entre la première et la seconde; mais cette différence s'explique bien par l'organisation qui appartient au larynx de ces espèces. Celui du

(1) *Histoire naturelle*, 1753, t. IV, p. 394.
(2) D'après la remarque de M. Magne (*Hygiène appliquée*, t. Ier, p. 615).

bœuf est simple et imparfait ; sa forme grossière ne rappelle nullement celle qui caractérise cet organe chez le cheval : la glotte est courte, les cordes vocales, loin d'être détachées et nettement découpées à leur bord supérieur, se confondent, sans démarcation précise, avec les parois latérales du larynx, les ventricules manquent totalement; il n'y a pas de sinus sous-épiglottique; la base de l'épiglotte s'élève à plus de 3 centimètres au-dessus des cordes vocales ; les aryténoïdes sont fort rapprochés l'un de l'autre. Avec une telle conformation, la voix du bœuf ne peut être qu'un mugissement sourd, plus ou moins grave et sans éclat ; elle ne saurait avoir ni l'acuité ni l'intonation variée que donnent des cordes vocales isolées et vibrantes; cependant elle comprend encore, d'après Buffon, une succession de notes sur deux ou trois octaves, et paraît se produire dans l'expiration seulement, si l'on en juge par l'aspect du flanc dont le creux disparaît tant que dure le mugissement. Ici, la corrélation entre l'organisation de l'appareil vocal et la voix est intime, et elle ne l'est pas moins chez les autres espèces appartenant au même genre que le bœuf domestique.

Cette organisation simple, qu'on retrouve encore dans le mouton, se complique chez d'autres ruminants. Le dromadaire a un larynx qui, tout en présentant un aspect général analogue à celui du larynx du bœuf, se distingue par des cordes vocales minces, bien isolées à leur face externe et tranchantes à leur bord supérieur, puis par des ventricules peu profonds, il est vrai, mais allongés et largement ouverts dans la cavité laryngienne. Toutefois cette structure n'approche point encore par le nombre et le fini des détails de celle de l'organe vocal des solipèdes, ce qui, du reste, ne doit pas étonner, car le dromadaire est loin d'avoir une voix dont le ton possède de nombreuses nuances.

La voix du porc, si remarquable par son timbre et le contraste qui existe entre les sons graves et les sons aigus dont elle résulte, est en rapport avec une organisation tout à fait exceptionnelle de l'appareil laryngien. L'épiglotte de cet animal est large, arrondie, et si lâchement unie au thyroïde, qu'elle peut se déplacer en divers sens, venir à la face interne de ce cartilage, rester à son bord supérieur ou s'en éloigner de plus d'un demi-décimètre, lorsque l'hyo-épiglottique se contracte et que la langue est projetée en avant (1) ; les aryténoïdes, soudés supérieurement, forment sur la ligne médiane un bec en gouttière recourbée dont les bords font saillie au-dessus des parties latérales de ces cartilages. Mais ce qu'il y a de plus remarquable dans ce larynx, c'est la disposition des cordes vocales et des ventricules : contrairement à ce qui existe chez les autres animaux, et, d'après l'observation de Cuvier, l'extrémité antérieure de ces cordes est plus basse que la supérieure, et insérée au bord trachéal du thyroïde. De chaque côté il y a un ruban supérieur étroit, peu saillant, presque entièrement membraneux et très élastique, puis un ruban inférieur, tranchant à son bord libre, doublé par le muscle thyro-aryténoïdien, et à peine séparé du premier par un espace de 1 à 2 millimètres. Entre ces deux rubans est une fente fort étroite, longue de 2 centimètres et demi, laquelle n'est autre chose que l'entrée du ventricule; celui-ci, étranglé à son ori-

(1) Il se forme dans cette circonstance une profonde excavation que quelques auteurs, Müller entre autres, ont considérée comme un sac membraneux sous-épiglottique.

fice, remonte à la face interne du thyroïde jusque vers le bord supérieur de ce cartilage. La glotte, fort étroite, se trouve bordée dans la plus grande partie de son étendue par les cordes vocales; sa portion inter-aryténoïdienne, dont la longueur égale à peu près, dans les autres animaux, la moitié du grand diamètre du larynx, n'a ici qu'une étendue fort peu considérable; mais en compensation elle offre un petit canal toujours ouvert, même lorsque les aryténoïdes sont en contact, et destiné à fournir un passage libre à l'air pendant la phonation.

Avec une telle organisation, on peut se rendre compte du caractère propre à la voix du porc, surtout si, à l'exemple de Hérissant, on cherche, en soufflant dans le larynx détaché, à reproduire artificiellement les sons dominants du grognement. En effet, en poussant de l'air par un tube adapté à la trachée, on parvient sans grande difficulté à obtenir des sons aigus très analogues à ceux du pachyderme, pourvu, d'abord, que l'organe soit comprimé latéralement, au point de ne laisser à la glotte qu'un millimètre de longueur, et qu'ensuite les cordes vocales se trouvent suffisamment tendues par une forte traction exercée d'avant en arrière sur les aryténoïdes. On reconnaît alors que les sons deviennent d'autant plus clairs et plus perçants que la tension des rubans vocaux est plus considérable, et qu'ils ne sortent plus dès que la glotte se dilate et que les cordes se relâchent; les vibrations de celles-ci deviennent très sensibles; en outre, la paroi interne de chaque ventricule offre des mouvements si étendus, résultant du mouvement de l'air qui s'engouffre dans leur cavité, que les deux ventricules se rapprochent fortement l'un de l'autre. D'après cela, il est à présumer que les sons aigus proviennent des cordes vocales convenablement tendues, et que les sons bas et sourds du grognement dérivent en partie des vibrations de l'air qui s'engage dans les ventricules laryngiens. Rien ne prouve que ceux-ci jouent, comme le croyait Hérissant, le rôle le plus important dans la formation de la voix.

Le grognement du porc présente plusieurs variétés : il est sourd et répété à de courts intervalles lorsque l'animal est inquiet; il s'élève un peu lorsqu'il est pourchassé ; il devient aigu quand il a faim ou qu'il reçoit un coup de pied; très aigu au moment où on le saigne. Les sons du grognement sourd sont trop graves pour être parfaitement exprimés par des notes musicales, mais ceux de la voix aiguë pourraient sans doute être notés sans trop de difficultés.

Chez le chien, le larynx a une épiglotte longue, triangulaire, terminée par une pointe aiguë; elle s'unit sur ses bords à deux petits prolongements cartilagineux repliés vers la ligne médiane et couchés sous elle, quand elle se renverse sur la glotte; les aryténoïdes sont peu saillants et soudés avec les prolongements cunéiformes que Cuvier semble à tort faire dépendre de l'épiglotte. Les cordes vocales inférieures, très longues et nettement découpées, sont minces à leur bord libre; les supérieures, à peine marquées, sont formées en arrière par une branche des cunéiformes, et en avant par un petit frein qui unit ceux-ci au thyroïde; les ventricules, très amples, ont une entrée qui est aussi longue que les cordes vocales inférieures; ils descendent jusqu'à la partie inférieure de celles-ci, de manière à en isoler complétement la face externe, puis ils remontent assez haut en dedans du cartilage thyroïde.

Ces différentes dispositions sont manifestement celles d'un larynx perfectionné

dont le jeu doit produire des effets plus variés que ceux de l'appareil vocal du bœuf et du mouton, par exemple La voix du carnassier donne, en effet, plusieurs sons bien accentués et éprouve des modulations assez nombreuses; c'est tantôt un cri saccadé, tantôt un aboiement plus ou moins prolongé, et quelquefois un hurlement analogue à celui du loup. La part que prennent à sa formation les cordes vocales est incontestablement la plus importante ; on les voit vibrer très distinctement après s'être rapprochées, sur l'animal vivant dont la partie supérieure du larynx a été mise à découvert, et l'on constate que la voix devient d'autant plus aiguë que les cordes sont plus tendues, plus rapprochées l'une de l'autre, et qu'elles sont mises en mouvement par un courant d'air plus considérable; en outre, on voit, à chaque cri, l'entrée des ventricules s'élargir et ces poches se dilater par l'air qui s'engouffre dans leur intérieur.

Les diverses variétés de la voix du chien peuvent se concevoir par les modifications dont le jeu de l'appareil laryngien est susceptible. Celles qui tiennent aux races sont peu saisissables, excepté pourtant les particularités qui dérivent de la taille. On ne saurait dire si le chien qui vit à l'état sauvage, sans aboyer, offre quelques différences dans la conformation de son larynx.

Le chat possède un appareil vocal qui est, si l'on peut ainsi dire, plus parfait encore que celui du chien. Son épiglotte est longue, souple et très aiguë ; les cordes vocales supérieures, longues de 4 à 5 millimètres, très écartées en avant au niveau du point où les inférieures se touchent, sont fort minces et entièrement membraneuses ; elles partent de l'extrémité antérieure des aryténoïdes et s'élèvent vers la base de l'épiglotte ; les cordes inférieures, séparées des premières par une excavation assez profonde analogue aux ventricules, sont épaisses, musculeuses en dehors, situées sur un plan plus interne et en contact l'une avec l'autre à leur extrémité thyroïdienne.

Par cette disposition remarquable, il y a, en quelque sorte, deux glottes chez le chat : une supérieure, entre les rubans vocaux membraneux, et une inférieure, entre les rubans musculo-membraneux, et deux espèces de cordes dont les vibrations paraissent devoir offrir, pour chacune, des effets d'un caractère particulier. Les expériences de M. Segond tendent à faire regarder la glotte supérieure et les rubans qui la bordent comme servant à la formation de la voix de fausset, et la glotte inférieure avec ses cordes, comme affectée spécialement à la voix de poitrine. D'après les recherches de cet expérimentateur, la section des cordes vocales supérieures abolirait le miaulement ainsi que les cris aigus, tandis que celle des cordes inférieures entraînerait, sur-le-champ, une aphonie complète. Mais M. Longet (1), ayant obtenu des sons intenses et très aigus après la section des rubans supérieurs, rapporte les sons de fausset et ceux de poitrine aux cordes inférieures, il va même jusqu'à refuser aux rubans membraneux la faculté d'éprouver des vibrations sonores. Le rôle des deux glottes du chat n'est donc point parfaitement déterminé ; cependant tout porte à croire que les cordes vocales inférieures, réunissant les conditions qui appartiennent aux mêmes parties chez les autres animaux, jouent

(1) *Ouv. cité*, t. Ier, fascicule III, p. 185.

le principal rôle dans la phonation, et que les supérieures, sans être dépourvues de la propriété de vibrer, ne remplissent qu'une fonction accessoire.

Dans tous les autres animaux du genre *Felis* la configuration du larynx n'est pas, à beaucoup près, celle qui appartient au chat domestique, bien que les ouvrages d'anatomie comparée semblent confondre le larynx de ces espèces dans une description commune. Je vois, par exemple, qu'au larynx du lion l'épiglotte est courte et arrondie, au lieu d'être triangulaire et aiguë à son extrémité libre ; je n'y trouve ni ventricules, ni cordes vocales supérieures ; les cordes inférieures sont épaisses, mal détachées, peu distinctes sur leurs bords. Il serait, en effet, bien étonnant que le lion, dont le rugissement est si grave et si peu accentué, eût un larynx organisé comme celui du chat. Si des mammifères aussi semblables entre eux que le sont le cheval, l'âne et les autres solipèdes, n'ont point un larynx uniforme, pourquoi des carnassiers, si voisins qu'ils soient du reste les uns des autres, devraient-ils offrir une même conformation de l'appareil vocal, alors que leur voix n'a pas pour tous les mêmes caractères.

En poursuivant plus loin l'étude des variations de la voix, nous arriverions à trouver, je ne dis pas la raison de toutes ses particularités, mais au moins celle des plus remarquables, car il en est dont les causes sont insaisissables, et d'autres qui tiennent au mode suivant lequel un même appareil est mis en jeu. Mais un tel résultat ne peut être obtenu qu'après un examen minutieux des organes de la voix chez les différentes espèces de mammifères.

§ II. — De la voix des oiseaux.

La phonation chez les oiseaux résulte de l'action d'un appareil autrement organisé que chez les mammifères et qui fonctionne suivant un mécanisme particulier très différent de celui que nous venons d'examiner sommairement.

De l'appareil vocal des oiseaux. — Les animaux de cette classe possèdent deux larynx : l'un supérieur à l'extrémité gutturale de la trachée, l'autre inférieur à son extrémité bronchique. Le premier consiste généralement en une simple fente allongée entourée de pièces résistantes, mais dépourvue de tous ces replis membraneux, de ces rubans, de ces sinus et de ces faisceaux musculaires qui caractérisent le larynx unique des mammifères ; le second, situé à la bifurcation du conduit trachéal, pourvu de replis susceptibles de vibrer et de muscles plus ou moins nombreux, constitue le véritable organe de la voix.

Le larynx supérieur, fixé en arrière du corps de l'hyoïde, se compose de pièces cartilagineuses ou osseuses analogues, d'après les recherches de Cuvier et de M. Duvernoy, à celles du larynx des mammifères. Le thyroïde, assez développé, y est formé de trois pièces, une médiane et deux latérales, dont l'ensemble représente un anneau qui ceint l'ouverture de la glotte ; le cricoïde est réduit à l'état d'un simple noyau rudimentaire en arrière de l'anneau thyroïdien ; les aryténoïdes, plus ou moins allongés, bordent les lèvres de l'ouverture laryngienne ; l'épiglotte est remplacée par deux séries de petites papilles coniques autour de la glotte ; celle-ci n'est autre chose qu'une longue fente dirigée suivant l'axe de la trachée, susceptible de se dilater et de se fermer par l'action de divers faisceaux musculaires, principa-

lement attachés sur les pièces aryténoïdiennes. Ce larynx supérieur ne réunit pas les conditions de structure qui pourraient lui permettre de servir à la formation de la voix, néanmoins il y concourt pour une faible part.

La trachée, qui fait suite au larynx guttural, est constituée par des anneaux complets, osseux ou cartilagineux. Cuvier a trouvé sa forme cylindrique dans la plupart des oiseaux, notamment les oiseaux chanteurs et les oiseaux de rivage; légèrement conique chez le héron, le cormoran, le dindon et d'autres dont la voix est éclatante; renflée subitement vers le milieu, comme dans l'*Anas fusca*, ou enfin rétrécie d'une manière insensible en divers points de son étendue, comme dans les diverses espèces de harles, et quelquefois dans les canards mâles. Sa largeur, généralement considérable, puisqu'elle est en rapport avec celle du cou, est encore souvent augmentée, surtout chez les mâles, par des coudes ou des circonvolutions plus ou moins étendues, situées tantôt sous la peau, à l'entrée de la poitrine ou dans des enfoncements de la clavicule, comme dans la pintade à crête, le coq de bruyère; tantôt, comme on le voit chez la grue, dans une caverne formée par l'écartement des deux lames de la saillie inférieure du sternum. Cette longueur est, du reste, susceptible de varier par l'effet même des mouvements du cou, et par l'action des muscles que Cuvier appelle les sterno et les cléido-trachéens, qui partent du sternum et de la fourchette pour se porter sur la surface de la trachée, quelquefois jusqu'au niveau du larynx supérieur. La contraction de ces muscles entraîne le conduit aérien vers le larynx bronchique, et celle des muscles hyoïdiens le déplace en sens contraire : la seule élasticité des ligaments inter-annulaires du conduit suffit à le raccourcir dès que les muscles cessent de se contracter. Les variations qui résultent de ces causes diverses ont une influence notable sur la voix.

Le larynx inférieur, situé dans le thorax, au point de bifurcation de la trachée, est constitué par une légère dilatation à parois membraneuses, au-dessus de laquelle les cerceaux de la trachée se sont élargis et soudés pour former un renflement plus ou moins considérable, qu'on appelle le tambour. Le dernier anneau de celui-ci se prolonge en dessus et en dessous par deux pointes descendantes, ordinairement unies par une bride osseuse, jetée de l'une à l'autre, qui divise par conséquent l'orifice inférieur de la trachée en deux orifices secondaires, se continuant chacun avec la bronche correspondante. Les deux bronches, entourées de cerceaux incomplets, sont à leur origine tout à fait membraneuses du côté interne par lequel elles s'adossent en donnant naissance à une cloison que Cuvier appelle tympaniforme ; celle-ci, attachée supérieurement à la traverse osseuse, est quelquefois surmontée d'un autre repli très développé chez l'alouette, le rossignol, la fauvette et la plupart des oiseaux chanteurs, repli que Savart a désigné sous le nom de membrane semi-lunaire, et auquel il fait jouer un rôle important dans la phonation. A l'opposé de ces deux cloisons, chaque tuyau bronchique porte sur les saillies de son troisième cerceau un repli plus ou moins détaché qui complète le larynx et y forme deux glottes distinctes dont les bords sont susceptibles d'entrer en vibration.

Ce larynx inférieur, qui présente souvent, comme dans le harle et le canard, des dilatations plus ou moins considérables, à parois osseuses ou membraneuses, existe constamment, si ce n'est pourtant, d'après Cuvier, chez le roi des vautours.

Il est dépourvu de muscles propres chez le coq, le faisan, la pintade, le dindon, la perdrix et les autres gallinacés; mais le plus ordinairement, surtout chez les oiseaux chanteurs, il possède des muscles, en nombre variable, qui donnent à cet appareil vocal une perfection à laquelle ne peut atteindre le larynx des autres oiseaux.

Beaucoup d'entre eux, l'aigle, la chouette, la buse, l'épervier, la bécasse, n'ont qu'une paire de muscles laryngiens, un de chaque côté partant de l'extrémité inférieure de la trachée, et venant s'insérer sur les premiers cerceaux bronchiques, qu'il fait remonter en les rapprochant du tube trachéal. Quelques uns, le perroquet par exemple, en possèdent trois paires, deux servant à la constriction de la glotte, et l'autre à sa dilatation. Enfin la plupart des oiseaux chanteurs, tels que la fauvette, le merle, le rossignol, l'alouette, la linotte, et même d'autres dont la voix n'est ni variée, ni mélodieuse, comme l'hirondelle, le moineau, le geai et le corbeau, en ont cinq paires, presque tous étendus de l'extrémité inférieure de la trachée à l'extrémité supérieure des bronches qu'ils servent à remonter, en déterminant, en même temps, divers degrés de tension dans les membranes tympaniforme, semi-lunaire et les autres replis vibrants du larynx.

Mécanisme de la voix des oiseaux. — Cet appareil laryngien, plus compliqué chez les mâles que chez les femelles, et si variable dans les divers genres d'oiseaux, est incontestablement l'organe essentiel de la voix. Perrault, Hérissant, Vicq d'Azyr, avaient déjà établi son rôle que Cuvier a démontré avec la dernière évidence. Ayant coupé la trachée-artère à un merle et à une pie, il a vu le premier conserver la voix, et la seconde continuer à pousser des cris aussi aigus et aussi forts qu'auparavant; ayant ensuite fait la même opération à une cane, dont la partie supérieure de la trachée était bouchée et le bec lié, il a observé que la voix conservait encore sa force, son timbre et ses autres caractères. Dans ces différents cas, le larynx inférieur seul restait, et lui seul pouvait produire la voix. Du reste, la preuve que c'est bien lui qui en est l'organe, c'est qu'il suffit de souffler, soit dans les bronches, soit dans la trachée d'un oiseau mort, pour reproduire des sons très analogues à ceux de la voix naturelle.

L'illustre naturaliste considère cet appareil vocal des oiseaux, formé du larynx inférieur et de la trachée, comme « un tube à l'embouchure duquel est une anche membraneuse ou, pour parler plus exactement encore, deux lèvres qui représentent celle du joueur de cor de chasse. » D'après lui, les replis membraneux de cette anche étant susceptibles d'être étendus ou raccourcis et mis dans divers états de tension ou de relâchement par l'effet de la contraction musculaire, ils peuvent donner alternativement tous les sons graves et aigus de la voix. Et comme, en même temps, le diamètre des ouvertures, et partant la vitesse de l'air, éprouvent des variations notables, l'appareil peut donner un certain nombre de notes dont les variations doivent être restreintes aux harmoniques du son le plus grave, appelé le son fondamental. Ainsi il donnera, à partir de l'*ut* de la première octave, la même note de l'octave supérieur, la quinte, la double octave, sa tierce, sa quinte, la triple octave, et ainsi de suite, c'est-à-dire des notes de plus en plus nombreuses à partir de l'octave inférieure.

Mais ces variations dans l'état des membranes et le diamètre des ouvertures la-

ryngiennes étant insuffisant pour permettre à l'oiseau de produire toutes les notes, la trachée, dépourvue de muscles propres, éprouve des changements de longueur très notables dont l'effet s'ajoute à celui des modifications précédentes. Ainsi par un raccourcissement d'un neuvième de la trachée, l'animal pourrait chanter quatre notes dans la deuxième octave, cinq dans la troisième; puis, par un nouveau raccourcissement égal au premier, il ferait sortir d'autres notes dans toutes les octaves. Néanmoins avec le secours de ces deux moyens, c'est-à-dire à l'aide des variations dans l'état de l'anche laryngienne et des changements dans la longueur de la trachée, l'oiseau n'obtiendrait pas les notes de l'octave la plus basse. Pour combler cette lacune, il a un troisième moyen à sa disposition qui consiste dans les modifications que peut éprouver l'ouverture du larynx supérieur. A l'aide de ce dernier, il peut rendre les sons des octaves les plus basses, car un tuyau fermé par un bout donne un son plus bas d'une octave qu'un autre tuyau de longueur égale, mais ouvert à ses deux extrémités. Il peut donc, grâce à toutes ces combinaisons, obtenir tous les sons musicaux et donner à sa voix la mélodie et la perfection qui appartiennent à un certain nombre d'animaux de cette classe. En outre, les différentes formes de la trachée, ses renflements et d'autres particularités plus ou moins importantes, viennent s'ajouter à ces causes essentielles pour modifier la voix, la rendre flûtée, sourde, éclatante, etc.

Tel est, selon Cuvier (1), le mode de formation de la voix chez les oiseaux. Le son serait donc produit dans l'instrument vocal de ces animaux « de la même manière que dans les instruments à vent de la classe des cors et des trompettes, ou dans l'espèce de tuyau d'orgue nommé *jeu d'anche.* » L'explication est séduisante, mais elle n'a point été entièrement adoptée : Savart, Müller et d'autres y ont apporté des variantes dont la valeur est difficile à apprécier.

Savart, dont les savants travaux ont répandu tant de lumières sur la voix et l'audition, regarde l'appareil vocal des oiseaux plutôt comme un tuyau à bouche que comme un tuyau à anche : pour lui, la voix se forme dans cet appareil, à la fois par les vibrations des membranes du larynx et des parois de la trachée, et par celles de l'air qui traverse le tube respiratoire. La vitesse du courant d'air suffirait, à elle seule, pour expliquer, d'après lui, un grand nombre de variations de la voix, car l'habile physicien a pu, en soufflant dans la trachée d'un oiseau chanteur, qu'il venait de tuer, reproduire un cri semblable à celui qui se faisait entendre avant la mort, et obtenir, en augmentant la vitesse de l'insufflation, tous les tons compris dans l'intervalle d'une octave et demie. L'élasticité des parois du tuyau et la forme de son embouchure, la présence d'une double ouverture au larynx, donneraient lieu aux autres modifications que la voix peut éprouver, sous le rapport de la gravité, de l'acuité et de l'intensité du son. En un mot, d'après lui, l'appareil vocal serait un tuyau à parois membraneuses et élastiques dans lequel les variations de longueur et de diamètre de la trachée, les degrés de dilatation et de resserrement du larynx inférieur et du supérieur, la présence ou l'absence de la membrane semi-lunaire, les diverses tensions des replis et de la cloison tympaniforme, etc., détermineraient les diverses variations de l'intensité, de la hauteur, et des autres caractères de la voix.

(1) *Leçons d'anatomie comparée*, t. VIII, p. 730.

Müller, sans se prononcer entre la comparaison de l'appareil vocal avec un tuyau à anche et son assimilation à un simple tuyau à bouche, reconnaît, d'une part, les vibrations des membranes et des replis du larynx ; d'autre part, celles de la colonne d'air mise en mouvement dans l'appareil ; il semble réunir certains éléments du premier instrument à d'autres éléments du second ; mais il lui paraît difficile de donner une explication rigoureuse des diverses particularités de la voix.

Quoi qu'il puisse être de l'analogie entre l'appareil vocal et l'un ou l'autre des deux instruments auxquels il a été comparé, le mécanisme de la phonation, dans son ensemble, est assez facile à concevoir pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y consacrer de plus amples développements.

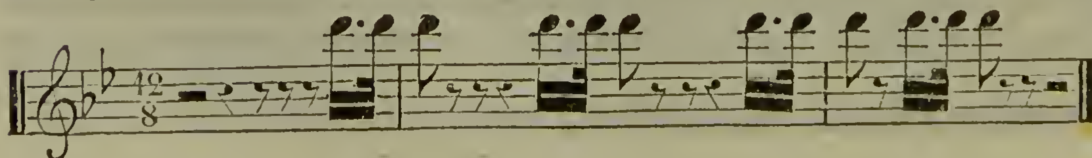
Quant aux différences qui caractérisent la voix des diverses espèces d'oiseaux, elles s'expliquent, pour la plupart, dans de certaines limites.

Celles qui s'observent relativement aux sexes tiennent, en partie, à la différence de volume et de perfection de l'appareil vocal du mâle comparé à celui de la femelle; celles qui existent entre les oiseaux dont la voix est peu agréable et les oiseaux chanteurs trouvent leur raison dans l'organisation plus compliquée du larynx des seconds comparée à celle des premiers ; seulement, comme il est des oiseaux qui possèdent des organes vocaux très parfaits, sans avoir une belle voix, il faut admettre, avec Cuvier, que l'instinct d'après lequel se règle l'emploi de l'appareil influe beaucoup sur les caractères de la voix. Car, d'une part, l'oiseau qui chante bien, élevé en liberté, n'a pas une voix si mélodieuse quand il n'a jamais entendu la voix des individus de son espèce, et, d'autre part, certains oiseaux qui, naturellement, ont une voix désagréable, peuvent, par le fait de l'éducation, apprendre des airs très variés. Voici, du reste, les notes de la voix de quelques espèces, d'après la symphonie pastorale de Beethoven.

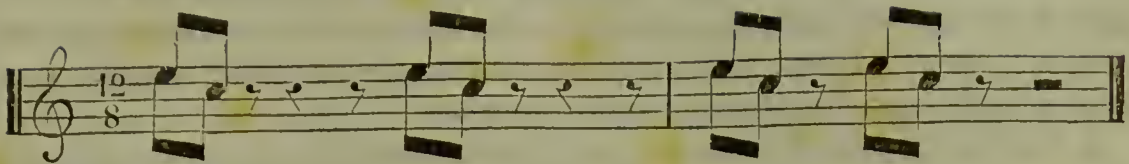
CHANT DU ROSSIGNOL. — *Flûte.*



CHANT DE LA CAILLE. — *Hautbois.*



CHANT DU COUCOU. — *Clarinette en* si bémol.



La voix modifiée, accentuée et même articulée dans de certaines limites, devient l'un des principaux moyens que les bêtes aient à leur disposition pour exprimer leurs sentiments et traduire leurs sensations.

Elle ne manque à aucun des animaux supérieurs, qui pourtant sont loin d'en faire également usage : plusieurs d'entre eux, le cerf, la girafe, l'éléphant, le lièvre, le lapin, le cygne, s'en servent fort rarement ; tandis que d'autres, tels que le chien, le porc, le cheval, le coq et les oiseaux chanteurs, l'emploient pour exprimer une foule d'impressions diverses. Certains animaux domestiques redevenus sauvages, les chiens, par exemple, ont perdu leur voix en recouvrant leur liberté : ceux des îles n'aboient plus, mais ceux du continent américain qui ont l'occasion d'entendre d'autres animaux de leur espèce aboient encore (1).

Elle devient un moyen d'appel des mères à leurs petits, comme on le voit si bien pour les oiseaux gallinacés ; un signe de ralliement, un cri d'amour, tel que le miaulement du chat, le hennissement du cheval ; un cri de joie, un chant de victoire, un signal de combat, tel qu'on le voit chez le coq ; une traduction de la faim, comme le sont les hurlements du loup ; une marque d'impatience, comme certains beuglements de la vache : elle sert tour à tour à exprimer la crainte vague des oiseaux à la veille d'un orage, leur frayeur à l'approche d'un ennemi, le bien-être qu'ils ressentent dans le calme succédant à la tempête. Le lion s'en sert pour exprimer sa fureur, et tous les animaux, en général, pour exhaler leurs souffrances.

Les modifications et inflexions diverses de la voix ont une signification que les animaux connaissent ou plutôt qu'ils sentent instinctivement entre eux, du moins parmi ceux d'une même espèce, ou d'espèces différentes, mais ennemies ou antipathiques. Le fait n'est pas contestable dans le premier cas, et il ne l'est pas davantage dans le second. Le chien qui jette un cri d'alarme est si bien compris des autres individus de son espèce, que tous répètent ce cri dans un concert qui n'est point pour nous très agréable. Le lion qui pousse un sourd rugissement inspire de la terreur à tous les animaux qui l'entendent, et le cri du carnassier effraie tous les herbivores, notamment ceux qui sont privés de moyens de défense.

Les animaux possèdent donc un véritable langage, peu varié sans doute, mais suffisant à l'expression du petit nombre des sentiments qu'ils éprouvent et qu'il leur est nécessaire de traduire dans leurs relations réciproques. Ce langage, ils le comprennent parfaitement et d'une manière instinctive. Quand la poule a trouvé un ver ou une graine dont elle veut faire part à ses petits, elle pousse un cri particulier auquel les poussins à peine sortis de la coquille répondent aussitôt en accourant vers leur mère ; lorsque celle-ci aperçoit une belette, elle pousse un autre cri d'alarme qui met en émoi toute la basse-cour et qui est bien vite répété par tous les galli-

(1) Roulin, *Mém. cit.*

nacés timides et même par le coq le plus courageux. La femelle chez un grand nombre d'espèces, la chatte, la vache, appellent le mâle; le coq menace son adversaire, le taureau son rival, etc.; plusieurs animaux qui vivent en troupes peuvent s'entendre pour la chasse et la maraude, d'autres pour s'enfuir, se rallier ou se tenir en garde contre les attaques de leurs ennemis.

Il n'est pas nécessaire d'observer avec beaucoup de soin les diverses inflexions et les caractères particuliers que peut prendre la voix des animaux, pour s'apercevoir que ce moyen d'expression éprouve un certain nombre de modifications très reconnaissables. En effet, voyez le chien lorsqu'il aboie le passant encore éloigné, puis le passant qui approche, qui menace et qui attaque : sa voix a-t-elle alors un caractère uniforme et ressemble-t-elle à celle du chien qui témoigne sa joie à son maître, de celui qui s'amuse avec un animal de son espèce, ou qui fait entendre un murmure d'ennui ou d'inquiétude ? Celui qui poursuit le gibier n'a-t-il pas une voix pour dire qu'il le perd, qu'il hésite à reconnaître sa trace, qu'il la retrouve, cerne la proie, l'attaque, etc. « Lorsque la chienne s'irrite, dit Lucrèce (1), lorsqu'elle contracte ses lèvres mobiles et découvre ses dévorantes dents, combien le son brusque de sa voix menaçante diffère de ce monotone aboiement dont sa vigilance fait retentir les lieux d'alentour ! Et quand sa langue caressante se promène sur les membres de ses petits ou quand elle les foule mollement à ses pieds, les provoque par d'innocentes morsures, les happe et craint de les presser de sa dent inoffensive, le tendre murmure de sa voix maternelle ressemble-t-il aux hurlements plaintifs qu'elle exhale dans nos foyers déserts, ou aux gémissements qu'elle pousse lorsqu'en redoutant le châtiment elle rampe soumise aux pieds de son maître irrité? » Le chat n'a-t-il pas aussi la voix très accentuée; tantôt il ronfle, comme lorsqu'on lui passe la main sur le dos, tantôt il gronde sourdement comme lorsqu'il est vivement irrité : dans ses miaulements on distingue, d'après M. Desmarets (2) « les appels des femelles, les cris de douleur que leur arrachent les approches des mâles, les sons bas et doucereux qu'elles font entendre à leurs petits pour s'en faire suivre, les sifflements étouffés et les grondements plus ou moins prolongés que poussent les mâles auprès des femelles en chaleur. » Le cochon qui grogne d'inquiétude, crie-t-il comme celui qui demande à manger, qui entend arriver des vivres, ou comme cet autre qu'on garrotte ou qu'on saigne ?

Le cheval jouit comme beaucoup d'autres animaux de la faculté de modifier sa voix pour exprimer ses sensations. Buffon (3), d'après un vieil auteur, lui reconnaît cinq sortes de hennissements : le hennissement de joie, dans lequel la voix prolongée monte et finit à des sons plus aigus ; le hennissement du désir, soit d'amour, soit d'attachement, prolongé comme le précédent, et achevé par des sons plus graves; le hennissement de la colère, court et aigu ; celui de la crainte, qui est grave et rauque comme le rugissement du lion ; enfin, celui de la douleur, qui, à proprement parler, n'est point un véritable hennissement.

Les oiseaux se servent plus encore que les mammifères de la voix comme moyen d'expression. « Dans toutes les espèces, le temps où ils chantent le plus, disait

(1) *De rerum natura*, édit. citée, p. 351.
(2) Girard, *ouv. cit.*, p. 157.
(3) *Histoire naturelle*, édit. in-4 de l'imprimerie royale, déjà citée page 252, t. IV.

Aristote (1), est celui de leurs amours : il en est, comme la caille, qui crient dans le combat même ; il en est qui crient avant le combat, comme pour défier l'adversaire; d'autres qui crient après la victoire, ainsi que le fait le coq. » Les mâles, dont l'appareil vocal est plus parfait que celui des femelles, chantent souvent, à l'exclusion de ces dernières, pendant qu'elles s'occupent, soit de la ponte ou de l'incubation, soit de l'éducation de leurs petits.

Ainsi, chaque animal des classes supérieures a donc par la voix un précieux moyen d'expression : chacun a dans le timbre et les autres caractères de celle-ci quelque chose que les autres individus de la même espèce comprennent instinctivement. De plus, les animaux domestiques et ceux que l'homme apprivoise reconnaissent la voix du maître, quelquefois confondu dans la foule; ils distinguent les paroles qui menacent de celles qui flattent. C'est là un fait que tout le monde sait et qui s'applique non seulement au chien, au chat, mais encore au cheval et au bœuf. Cependant l'animal se trompe souvent : l'oiseleur avec ses appeaux fait tomber dans le piége bien des oiseaux.

Mais si les animaux traduisent par les inflexions de la voix une foule de sensations diverses, ils ne peuvent nullement se créer un langage analogue à celui de l'homme; en un mot, ils ne sauraient réussir à articuler les sons qu'ils produisent aussi bien que nous. Cependant, on cite à cet égard quelques exceptions remarquables, surtout parmi les oiseaux : le perroquet et la pie sont assez connus sous ce rapport. Pline (2) dit que le perroquet salue les empereurs et répète les mots qu'il entend; il ajoute que la pie aime à parler et qu'elle parvient facilement à ce genre d'imitation. On sait que les exemples de cette nature cités par lui sont nombreux : tels celui du corbeau éclos sur le temple de Castor et de Pollux, corbeau qui saluait par leur nom Tibère et les jeunes Césars; de la corneille qui prononçait des phrases entières; du sansonnet et du rossignol qui articulaient des mots grecs et latins et répétaient même des phrases assez longues, etc. Le crédule naturaliste cite aussi, en doutant de sa réalité, l'exemple d'un chien qui aurait parlé. Leibnitz (3) dit avoir vu et entendu un animal de cette espèce qui était parvenu, par le secours d'une longue éducation, à prononcer une trentaine de mots allemands. Quoi qu'il puisse être de l'authenticité de ces faits, il est certain que par imitation quelques animaux peuvent articuler, sans en connaître la valeur, plusieurs des mots qu'ils ont souvent l'occasion d'entendre.

II. DES DIVERS MODES D'EXPRESSION.

Indépendamment de la voix, les animaux ont encore d'autres moyens d'expression qui, sans être aussi variés que ceux de l'homme, ne laissent pas que d'être assez nombreux et de rendre avec une grande énergie les impressions diverses et les passions que ces êtres éprouvent.

Les expressions, dans notre espèce, sont, les unes volontaires, les autres involontaires, et celles-ci peuvent être exagérées ou même simulées. Elles sont, pour

(1) *Histoire des animaux*, liv. IV, p. 223, édit. cit.
(2) *Histoire des animaux*, édit. citée, liv. X, p. 374 et suiv.
(3) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1715, p. 3.

la plupart involontaires et instinctives chez les animaux dont elles traduisent fidèlement les sensations; cependant elles peuvent aussi y devenir factices comme on le voit chez le chien, les singes, sous l'influence de l'éducation, de l'habitude ou de l'imitation, et chez quelques animaux qui, exposés aux attaques de leurs ennemis, semblent exprimer la souffrance et la prostration jusqu'au moment où ils peuvent trouver l'occasion de s'échapper.

Tous les animaux ne jouissent pas au même degré de la faculté de traduire leurs impressions, leur bien-être, leur accablement, leurs souffrances; il en est qui les expriment énergiquement par un grand nombre de signes; d'autres qui ne les rendent que vaguement, sans moyens bien caractérisés. Du reste, tous n'expriment pas une sensation déterminée par les mêmes moyens, les mêmes attitudes ou les mêmes mouvements.

Il faut, pour donner une idée des expressions, les envisager sous trois rapports différents: premièrement, dans leur ensemble chez les principaux genres d'animaux ; deuxièmement, dans les divers moyens de physionomie, de gestes, d'attitudes et de mouvements dont elles se composent; troisièmement, enfin, relativement à chacune des principales affections qu'elles traduisent, comme la peur, la colère, la joie, la tristesse, la douleur, etc.

En considérant les expressions sous le premier rapport, c'est-à-dire eu égard à l'ensemble des moyens qui ont été donnés aux animaux des principaux groupes, on voit, du premier coup d'œil, d'abord, que ces moyens sont d'autant plus nombreux et plus variés que les animaux sont plus intelligents, et qu'ils ont, par conséquent, un plus grand nombre de sensations et des sensations plus vives à traduire ; ensuite on remarque qu'ils ont quelque chose de commun entre les animaux qui se ressemblent par leurs mœurs, leurs habitudes et leur régime. Ainsi, sans parler des singes dont les expressions sont si vives, si variées, et dont la physionomie perd de sa mobilité à mesure qu'on passe des espèces les plus intelligentes à celles qui le sont moins, on peut avancer qu'il existe à cet égard une grande analogie parmi les différents carnassiers comparés les uns aux autres, les ruminants, les solipèdes, les rongeurs, etc.

Les animaux carnassiers qui sont très intelligents, qui ont des mouvements souples, des allures rapides, des déterminations promptes, des sensations vives, des besoins impérieux, ont une expression variée, mobile et franche, comparée à celle des herbivores avec lesquels ils sont en guerre ; ils doivent, pour nous, être placés en première ligne.

Voyez le chien ! Avec quelle facilité n'exprime-t-il pas ses diverses impressions : son inquiétude quand il est séparé de son maître, sa tristesse quand il l'a perdu, sa joie lorsqu'il vient à le retrouver, son exaltation au bruit du cor de chasse, sa peur, son indécision, sa colère en diverses circonstances. Ses cris, le caractère de son aboiement, de son hurlement sinistre, ses mouvements, ses sauts, ses évolutions diverses, l'agitation de sa queue et de ses oreilles, la manière dont il flaire, les caresses, les menaces qu'il prodigue, la fixité, le calme ou l'animation de son regard, l'air insolent qu'il prend auprès de certains maîtres, la physionomie sombre, sauvage qu'il acquiert au milieu des troupeaux ou dans la cour d'une ferme, deviennent des signes non équivoques de son caractère et des impressions qu'il éprouve.

Et le chat ! comme il sait bien par son attitude, son regard, ses mouvements, ses passades réitérées, demander des caresses aux personnes qui l'entourent ; témoigner par les inflexions de son dos, les ondulations de sa queue et une sorte de ronflement sourd le plaisir que lui causent les caresses qu'il reçoit ; exprimer son bien-être quand il est couché près du foyer, au soleil, ou sur les genoux de sa maîtresse. Voyez avec quelle sensualité il retourne l'os qu'on lui a jeté ou la proie qu'il est parvenu à voler ; avec quelle attention il guette la souris ; avec quel contentement il se précipite sur la victime qu'il attendait depuis longtemps, et avec quelle joie maligne il la laisse toute meurtrie s'échapper de ses griffes pour la ressaisir aussitôt. Combien sa physionomie ne devient-elle pas expressive lorsqu'il est vivement irrité : son regard menaçant, sa moustache redressée, son souffle bruyant, ne traduisent-ils pas énergiquement sa colère ou sa fureur ?

Le lion, parmi les carnassiers sauvages, est un des animaux qui possèdent le plus grand nombre de moyens d'expression. Son port majestueux, sa démarche fière, son regard assuré, révèlent le sentiment de sa force, la conscience de sa supériorité. Son grondement sourd, son terrible rugissement, les mouvements de sa queue avec laquelle il se bat les flancs, la faculté qu'il possède de mouvoir le tégument de la face, de hérisser sa crinière, d'ouvrir outre mesure une large gueule, lui donnent un ensemble de moyens tout à fait caractéristique et qu'il ne partage avec aucun animal de son ordre. Le tigre, qui rugit plus souvent, qui fait fréquemment sortir sa langue de sa gueule, et qui porte dans sa physionomie une expression plus féroce que celle du lion, n'est pas, à beaucoup près, aussi heureusement doué que ce dernier.

La panthère, si voisine du tigre, si semblable à ce carnassier par les mœurs et le genre de vie, n'en a pas entièrement l'expression ; il y a dans son regard, dans son air féroce, dans le timbre de sa voix, quelque chose qui la différencie du tigre. La petite panthère de Java a dans l'éclat des yeux, la perfidie du regard, le caractère du cri qu'elle jette à l'approche de l'homme, une nuance de férocité qui frappe à première vue, mais qu'il est impossible de rendre. Parmi les autres espèces du même ordre, le caracal se distingue encore par une expression des plus saisissantes : la fixité et le caractère singulier de son regard, la rapidité du mouvement de ses petites oreilles pointues, la vivacité de ses allures, son rugissement, à la fois sourd et aigu, lui donnent un aspect plus terrible que celui des carnassiers de grande taille.

En comparant les animaux précédemment énumérés avec ceux qui sont moins féroces, moins forts, moins bien pourvus de moyens d'attaque et moins sûrs de vaincre leurs ennemis, on est frappé de la différence qui existe entre les premiers et les seconds.

L'hyène, par exemple, a une expression sombre, triste, inquiète : sa bouche souvent ouverte ; les gémissements particuliers qu'elle pousse à l'approche de l'homme, et que l'on est embarrassé de rapporter à la peur ou à la menace, ses mouvements obliques, la roideur de tout son corps, montrent bien qu'elle n'a point la force, la souplesse, l'audace, le caractère et les mœurs du lion ou du tigre. Le loup, dont le regard est sans vivacité, dont les membres sont fléchis comme ceux du chien qui a peur, le loup qui porte la queue entre les jambes, qui hésite et semble trembler dans tous ses mouvements, n'a ni la physionomie, ni les allures d'un animal

courageux. L'ours, enfin, qui a l'expression faciale si peu mobile, les mouvements si lents, qui se balance devant son bassin, s'assied sur la croupe, se couche sur le dos, fait toute espèce de contorsions pour obtenir des friandises, ressemble à un animal sans caractère bien accentué et qui ne s'occupe que du soin de sa subsistance.

Les animaux herbivores contrastent d'une manière frappante avec les carnassiers. Ils ont dans la face moins de mobilité que ces derniers, des mâchoires plus longues, des mouvements moins souples; ils ne peuvent plus se servir de leurs membres que comme d'organes de progression ; ils ont un caractère en général timide, sociable, sans haine, sans colère, sans ruse, sans férocité, et, par conséquent, leur physionomie doit avoir un cachet nouveau tout particulier.

Le cheval est peut-être celui de tous les quadrupèdes de cette catégorie qui exprime avec le plus de vivacité et d'énergie les impressions qu'il éprouve. Ses diverses attitudes, ses allures, le port de sa tête, la vivacité de son regard, son hennissement avec toutes ses variétés, le mouvement de ses oreilles, de ses lèvres, de ses naseaux, l'agitation de sa crinière, de sa queue, son trépignement d'impatience, ses ruades, servent à traduire ses sensations. Mais il faut envisager le cheval sous le cavalier, le coursier près de la tente de l'Arabe, le cheval de guerre qui entend le bruit des armes, l'étalon apercevant la jument, pour se faire une idée des mille nuances d'expression qui se peignent dans la physionomie, les attitudes et les mouvements de ce noble animal (1).

L'âne est loin d'avoir l'expression qui appartient au cheval : sa tête lourde, basse, qu'il relève rarement et qu'il fait osciller pendant la marche, ses longues oreilles, la saillie des orbites qui ne laissent plus l'œil à fleur de tête, l'absence de la crinière, le peu d'attention que l'animal apporte à ce qui se passe autour de lui, son braiement prolongé si désagréable, son aspect généralement si misérable, lui donnent une physionomie qui contraste avec celle du premier des solipèdes ; mais cet aspect n'est déjà plus celui de l'hémione et du zèbre.

Les ruminants ont, en général, la physionomie douce, timide, quelquefois sombre, sauvage et peu intelligente. Leurs moyens d'expression, assez peu variés, se montrent bien en harmonie avec le caractère et les mœurs de ces mammifères.

Le bœuf, dont les allures sont si lentes, est remarquable par le calme de son expression : son œil fixe, proéminent, ses oreilles inclinées en arrière, l'immobilité de ses lèvres, de ses naseaux et du tégument de la face, ne traduisent point d'impressions bien vives. Cependant lorsqu'il fait entendre ses longs mugissements, lorsqu'il flaire les touffes d'herbes qui lui déplaisent ; lorsque, poursuivi par les insectes, il prend la fuite, la queue relevée et l'encolure étendue, il montre une animation qui contraste avec son impassibilité ordinaire. Mais le taureau excité à la vue d'une génisse, ou irrité à l'approche d'un rival, montre par son regard sombre, par le mouvement spasmodique de sa lèvre supérieure, par le caractère de son mugissement, de ses allées et venues, que sa passion arrive à un haut degré d'exaltation. Après une victoire remportée, ou après une défaite, il laisse lire encore, dans son facies et dans sa démarche, les émotions qu'il éprouve. Le buffle, le bison, le dro-

(1) Voy. le livre de Job, chap. XXXIX, v. 22 et suiv. ; Pline, liv. VIII, édit. citée, p. 188 ; Virgile, *Géorgiques*, liv. III ; Buffon, t. IV, p. 174.

madaire, le lama et d'autres encore, peuvent être placés à peu près sur la même ligne que le bœuf. La chèvre, au contraire, avec son air indécis, sauvage, ses allures inconstantes, irrégulières ; la gazelle, avec son regard qui a tant de vivacité et de douceur, se distinguent entre tous les autres ruminants de cette famille.

Les pachydermes sont peut-être encore moins heureusement doués que les ruminants sous le rapport qui nous occupe. Le rhinocéros, dont les yeux sont petits, sans éclat, sans mobilité, dont la voix n'est qu'un grognement sourd sans inflexions appréciables, n'a, pour ainsi dire, d'autres moyens d'expression que les mouvements de sa tête et l'agitation de ses oreilles ; l'hippopotame, qui a la démarche si lente, si pénible, la tête si difficile à déplacer, la face si peu mobile, remue légèrement les paupières et agite lentement les oreilles au cri du petit Nubien qui l'appelle : sans cela et les mouvements de ses narines, il conserverait une impassibilité absolue. L'éléphant lui-même, sans les inflexions si variées de sa trompe, sans le cri sourd qu'il jette quelquefois et la projection en avant de ses larges oreilles, dans de rares circonstances, n'aurait guère de moyens propres à exprimer ses impressions et ses déterminations instinctives ou intellectuelles. Le porc et le sanglier, dont les yeux sont si petits, les oreilles si peu mobiles, ressemblent bien aux animaux de leur ordre ; ils n'ont, à proprement parler, que le mouvement du groin dans l'action du flairer et leur grognement pour peindre leurs sensations. Leur extérieur indique assez que, pour eux, tout se réduit à trouver des glands, à déterrer des truffes, à manger enfin, se vautrer dans la boue et dormir. Cependant, l'aspect du sanglier blessé, de la truie à laquelle on enlève ses petits, du cochon qui entend venir des vivres, a quelque chose de caractéristique.

Enfin, il est des animaux qui, comme la brebis, le lapin, le lièvre, n'ont point d'expression bien tranchée ; ils réagissent à peine quand on les maltraite et ne savent rendre ni la joie, ni la douleur, ni l'inquiétude.

Parmi les oiseaux, il est possible de saisir quelques traits communs à ceux qui ont les mêmes mœurs et le même genre de vie. Les oiseaux de proie, par exemple, qui font la guerre aux animaux vivants, ont un regard, une attitude, des mouvements brusques qui semblent peindre leur rapacité. L'air de famille qu'ils ont à un haut degré tient, il est vrai, beaucoup à leur ressemblance sous le rapport de la forme du bec, de la configuration des serres, de la manière de prendre leur vol, de fondre sur leurs victimes, etc. Ceux qui se nourrissent de proie morte sont loin d'avoir la même désinvolture, la même brusquerie dans les mouvements, comme si leur caractère, leur manque de courage imprimaient une trace saisissable sur tout leur extérieur. Les petits oiseaux tirent surtout leur expression si vive, si changeante, de leurs mouvements continuels, de leurs cris, de l'éclat de leurs plumes, etc. Les gallinacés, presque constamment occupés à remuer le sol de leurs pattes ou de leur bec pour chercher de la nourriture, ne laissent pas que de traduire souvent et énergiquement leurs impressions. Plusieurs d'entre eux sont même fort remarquables par la variété des moyens qu'ils ont à leur disposition. Il suffit de s'être arrêté dans la basse-cour, d'avoir observé la démarche, les allures, le chant du coq, ses combats, la tyrannie qu'il exerce à l'égard de ses rivaux ; d'avoir considéré le dindon faisant la roue, et agitant ses caroncules dont la teinte est si changeante ; le paon étalant, remuant la queue en poussant des cris si désagréables, etc., pour se faire une idée

du nombre et de l'énergie des impressions éprouvées par ces oiseaux. D'autres genres de physionomie nous sont offerts par le héron immobile au milieu d'un étang, par la grue debout sur une seule patte, par le canard barbottant sur le bord d'un ruisseau, par le cygne qui joue dans un bassin, etc.

Si nous envisageons maintenant l'expression sous le rapport des parties qui en sont chargées et des phénomènes auxquels donne lieu leur action, nous pourrons aussi remarquer quelques particularités communes à certains groupes d'animaux ou propres à telle ou telle espèce.

La face des mammifères, moins mobile et moins expressive que celle de l'homme, bien qu'elle ait souvent autant de muscles chez les premiers que chez le second, est certainement la partie du corps qui traduit le plus grand nombre d'impressions diverses. Les yeux, par leur situation, leur saillie, leur volume, leur mobilité et leur éclat, et par l'aspect des paupières, contribuent pour une grande part à l'expression faciale qu'ils rendent si énergique et si variée chez le chat, le lion et la plupart des carnassiers : à eux seuls il peignent la douceur, la vivacité, l'abattement, la tristesse, la souffrance, et donnent à l'animal un air féroce, menaçant, un air sauvage, inconstant, une physionomie intelligente ou stupide. Les oreilles, par leur position et leurs mouvements variés, donnent à la bête des moyens que nous ne possédons pas : leur jeu, si facile à saisir, marque tous les degrés de l'attention de l'animal qui écoute ; il traduit, suivant la remarque de Pline (1), les affections intérieures que les chevaux éprouvent; « car, selon que ces animaux sont effrayés, fatigués, furieux ou malades, elles sont flasques, tressaillantes, dressées ou pendantes. » On sait que le cheval qui veut ruer, frapper ou mordre, les couche en arrière ; que le cheval aveugle les agite constamment ; que celui qui hennit les redresse ; que celui qui boit les meut légèrement. Les ruminants sauvages qui paissent les tiennent couchées en arrière ; les cerfs ne les agitent pas en buvant ; la girafe les porte en avant lorsqu'on lui présente quelque chose à manger ; l'éléphant les étale en dehors au moment où il rencontre un animal de son espèce ; elles demeurent pendantes chez plusieurs races de chiens, chez le porc, et perdent alors leur expression habituelle.

Le nez, les lèvres, la bouche, prennent une part considérable au jeu de la physionomie des animaux. Les mouvements des muscles sont caractéristiques chez le cheval qui hennit, qui flaire la jument, chez le chien ; ceux de la lèvre supérieure, du mufle, du groin, ne le sont pas moins suivant les espèces, notamment chez les solipèdes, dans ce qu'on appelle le *spasme cynique* et le *rire sardonique*. Les bâillements si étendus chez les carnassiers, où ils s'accompagnent souvent de grincements de dents et de la projection de la langue au dehors, modifient encore très sensiblement les caractères de l'expression faciale.

D'autres parties du corps concourent pour une certaine part à l'expression, et parmi elles, la queue doit être placée en première ligne. Diverses affections du lion, ainsi que l'a noté Pline, se traduisent par les mouvements de cette partie. Le lion, le loup qui fuient (2), le chien battu ou enragé, la portent entre les jambes ; le premier de ces carnassiers s'en bat les flancs lorsqu'il est irrité ; le bœuf, le cheval, la tiennent

(1) *Histoire naturelle*, édit. citée, liv. XI, p. 477.
(2) Aristote a fait cette observation pour le premier et Virgile pour le second de ces animaux.

relevée dans la course, et la plupart des animaux l'agitent constamment quand ils sont inquiétés par les mouches. Le pied prend part à certaines expressions : le cheval frappe du pied le sol dans ses moments d'impatience et lorsqu'il est tourmenté de douleurs intestinales ; le bœuf, dans quelques circonstances, et le bélier en rut, en font autant ; le petit ourson gratte parfois le sol avec ses pattes quand il s'ennuie ; le chat s'en sert pour caresser les personnes amies, et le singe pour faire ses contorsions.

L'ensemble du corps, soit pendant le repos, soit pendant les divers mouvements de l'animal, prend une grande part à l'expression. Il y a une attitude particulière qui indique l'assurance, le calme ; une autre qui traduit la frayeur, l'effroi : le taureau qui va se précipiter sur son adversaire, le lion qui va s'élancer sur sa proie, le chat qui guette une souris, le bœuf souffrant, etc., ont chacun une attitude caractéristique. Le tremblement général, le frissonnement, l'agitation du cheval au bruit des armes, l'état du chien qui entend sonner du cor, le trémoussement de la peau des animaux tourmentés par les mouches, le hérissement des poils, les mouvements de la crinière, la fuite du ruminant inquiété par les œstres, etc., ajoutent beaucoup à l'effet ou au jeu des moyens précédemment indiqués.

L'expression étudiée sous le troisième aspect que j'ai signalé, c'est-à-dire eu égard aux impressions et aux sensations traduites par un plus ou moins grand nombre de particularités, nous offre encore quelques considérations intéressantes qui résument la mimique instinctive des passions chez les brutes. La peur, la sécurité, la joie, la tristesse, l'amour, la colère, la douleur, se traduisent par certains signes communs à la plupart des animaux.

La joie se décèle par une agitation particulière, des cris, des sauts, des mouvements de la queue ; la tristesse, l'inquiétude, par des cris d'un autre caractère, des plaintes, des allures vagues, une expression indicible du regard ; la frayeur, par un frissonnement général, par une immobilité absolue, une sorte de paralysie qui empêche les animaux d'obéir ou de se laisser diriger, ou d'autres fois par des mouvements brusques, désordonnés, par une fuite précipitée, etc. La colère, la frayeur, se traduisent par des manifestations d'une énergie effrayante chez le chat maltraité, le chien insulté par le passant, le sanglier blessé, l'aigle privée de ses aiglons, la chatte séparée de ses petits.

Plusieurs impressions combinées donnent lieu aussi à des modes d'expression plus ou moins frappants. Les plus réellement accentués sont ceux des femelles séparées de leurs petits, ceux des animaux en rut, des animaux qui se battent, qui mangent, boivent, ruminent, etc. Voyez la vache privée de son nourrisson : elle demeure debout, s'agite, se livre à une sorte de tic de l'ours, pousse des mugissements plaintifs, regarde de tous côtés ; si elle est libre, elle poursuit sa course vagabonde au milieu des pâturages, ne mange plus que par moments, ne rumine que pendant de courtes périodes ; son flanc se creuse, et elle maigrit jusqu'au moment où elle vient à oublier le sujet de sa peine. Voyez l'étalon auprès de la jument, son attitude, l'agitation de tout son corps, le caractère de son hennissement, le jeu de ses naseaux, de sa crinière, le frémissement de ses lèvres, le battement saccadé de son flanc, son ardeur à flairer la femelle, à la mordre, son impatience de se cabrer, etc. Considérez l'animal qui mange : n'y a-t-il pas une expression indéfinissable chez le

chat qui retourne tant de fois le morceau qu'on lui a jeté avant de se décider à l'attaquer de tel ou tel côté ; une autre toute différente chez le porc qui, sans faire attention à ce qui se passe autour de lui, hume ou dévore avidement tout ce qu'on a jeté dans son auge ? Le premier ne porte-t-il pas le cachet d'un sensualisme raffiné, et le second celui d'une vorace gastronomie. Observez, enfin, le paisible herbivore qui rumine, et chaque animal dans les principales situations où il peut se trouver, et vous serez frappé de ce reflet que la partie sensible de chaque être jette sur ce qui est extérieur.

Enfin, parmi toutes les impressions, celle qui se traduit de la manière la plus énergique et la moins équivoque est la douleur, dont les degrés et les caractères offrent mille nuances difficiles à apprécier. Tantôt, notamment lorsqu'elle est légère, elle ne se révèle que par des manifestations vagues d'impatience, d'inquiétude, mêlées à des signes d'affaissement ou de prostration. D'autres fois, si elle est plus vive, elle provoque des cris ou des plaintes plus ou moins répétés. Quels que soient ses caractères, elle s'accompagne, dans certaines circonstances, d'une réaction très vive, et dans d'autres, elle laisse l'animal plongé dans un calme absolu.

La douleur chez les animaux qui réagissent, qui luttent contre les causes de leurs souffrances et cherchent à se soustraire aux mauvais traitements, se traduit avec une énergie dont on peut se faire une idée en voyant un cheval tourmenté de coliques, un animal affecté de vertige, un sujet mutilé par l'opérateur, un chat qu'on étrangle ou qui est jeté à l'eau avec une pierre au cou, un animal pris dans un piége. Celle qui ne donne pas lieu à de la réaction de la part de l'animal a un tout autre caractère, comme on le voit chez les chevaux à pneumonie, à maladies graves du pied, chez ceux auxquels l'expérimentateur a ouvert l'abdomen. Mais chaque douleur a sa physionomie propre, et chaque maladie a sa douleur spéciale. Lucrèce et Virgile (1) ont chanté celle des animaux atteints d'horribles affections contagieuses, et les pathologistes, dans un style moins poétique, mais plus vrai, ont caractérisé celle qui appartient aux diverses maladies.

CHAPITRE XVIII.

DE L'INTERMITTENCE DES ACTES DE LA VIE DE RELATION.

La plupart des actions que nous venons d'examiner, en ce qui concerne les fonctions nerveuses, les sensations et les mouvements, ne peuvent s'exécuter d'une manière continue ; elles se suspendent plus ou moins complétement dans le sommeil et l'hibernation, phénomènes communs à un grand nombre d'espèces de toutes les classes du règne animal.

I. DU SOMMEIL.

Le sommeil est un état dans lequel les fonctions de relation sont plus ou moins complétement suspendues, sans que celles de la vie organique aient éprouvé de profondes modifications.

(1) Lucrèce, édit. citée, liv. VI, et Virgile, *Géorgiques*, liv. III.

Cet état d'inertie, qui est indispensable à l'entretien régulier de la vie des êtres organisés, n'appartient pas seulement aux animaux ; il s'observe aussi chez les plantes où il consiste bien plus en une suspension annuelle des phénomènes de la végétation, analogue à l'engourdissement hibernal de certains animaux, qu'en une légère modification diurne de la direction des feuilles. Aristote a fait remarquer que tous les quadrupèdes, les animaux ovipares, les poissons, les mollusques, les crustacés et les insectes, ont un sommeil rendu évident chez les uns par le rapprochement des paupières, et chez les autres par une immobilité plus ou moins complète : l'exactitude de son observation paraît confirmée par tout ce qu'on sait de plus précis sur les habitudes des animaux les mieux connus.

La nécessité du sommeil tient à une cause inhérente au mode suivant lequel s'exécutent toutes les actions organiques, c'est-à-dire à l'intermittence ou à la périodicité du jeu des organes. En effet, il est facile de s'apercevoir, pour peu qu'on réfléchisse aux caractères des diverses fonctions de l'économie, que chacune d'elles est active à de certains moments, languissante ou complétement suspendue à d'autres : les sensations, les mouvements, la digestion, l'absorption, les sécrétions, les actions génératrices, sont évidemment dans ce cas ; l'innervation même, si indispensable à l'entretien de toutes les autres fonctions, a ses périodes de surexcitation alternant avec des périodes de ralentissement. Le sommeil n'est, pour ainsi dire, que la période du repos simultané des fonctions de relation remplies par des organes qui, se fatiguant aisément, ont besoin d'un repos plus fréquent et plus prolongé que les autres. Les causes secondaires qui favorisent son apparition et son retour sont la fatigue, l'épuisement, l'obscurité, le silence, l'action des narcotiques, et enfin l'habitude, dont l'empire est si marqué sur toutes les fonctions animales.

L'état dans lequel les animaux peuvent s'endormir est très variable. La plupart d'entre eux se couchent et ferment les yeux ; quelques uns demeurent debout et les yeux entr'ouverts ; plusieurs, comme les oiseaux, se perchent sur les branches et se cachent la tête sous l'aile ; d'autres, tels que les cétacés et les poissons, se tiennent immobiles, soit à la surface de l'eau, soit à différentes profondeurs, soit enfin appuyés sur le sable, les rochers ou les plantes aquatiques. Il est à noter que parmi les mammifères, le cheval et les autres solipèdes paraissent dormir debout, ainsi que l'éléphant, qui passe des mois entiers sans se coucher, surtout lorsqu'on lui a changé sa stalle ou modifié certaines de ses habitudes. Mais il n'est pas vraisemblable qu'un animal puisse dormir en marchant, comme Galien le fit pendant plus d'un stade, si l'on en croit le récit de l'illustre médecin.

Les phénomènes qui marquent l'invasion et les progrès du sommeil présentent quelques caractères communs à la généralité des animaux ; ils ne se manifestent que d'une manière progressive et plus ou moins lente. D'abord, un calme particulier s'empare de l'animal, une sorte d'engourdissement paralyse le système musculaire ; les sensations deviennent confuses, les opérations cérébrales vagues et obscures. Les organes fatigués s'endorment, suivant l'observation de Cabanis (1) successivement et à différents degrés : la vue s'affaiblit et s'éteint en premier lieu, surtout par le fait du rapprochement complet des paupières ; puis le goût, l'odorat et le tact cessent

(1) *Rapports du physique et du moral de l'homme*, 8e édition, avec notes, par L. Peisse. Paris, 1844, p. 397.

d'être impressionnés par leurs excitants naturels ; le tact même ne parvient jamais à s'endormir complétement, si l'on en juge du moins par les mouvements que les animaux exécutent dans le but de quitter une position devenue pénible.

Le système musculaire, si susceptible de lassitude, n'entre point cependant dans un relâchement complet, même chez les animaux couchés sur le côté, car ceux-ci ont ordinairement le cou et les membres fléchis ; il continue manifestement à agir chez les animaux qui ont un décubitus sternal, sterno-costal et qui tiennent la tête relevée ; chez les oiseaux qui se perchent sur des branches d'arbre, la tête reployée sous l'aile, chez ceux qui dorment debout appuyés sur une seule patte, car les dispositions signalées par Borelli et M. Duméril ne suffisent pas à maintenir une pareille attitude ; enfin, il est encore plus évidemment en action chez les espèces qui dorment debout et dont la station est rendue moins pénible par une série de combinaisons anatomiques précédemment indiquées.

Les appareils de la vie organique continuent à fonctionner à peu près comme pendant la veille. La respiration devient peut-être un peu plus lente et plus profonde ; la circulation se ralentit sensiblement, si ce n'est dans les premiers moments, et la chaleur intérieure baisse. Aussi les carnassiers cherchent-ils instinctivement à rassembler leurs membres, à se plier en cercle et à se coucher dans les lieux élevés, chauds, sur des corps mauvais conducteurs du calorique, et cela, il est vrai, autant pour éviter des sensations tactiles désagréables, que pour se préserver du refroidissement. La digestion continue alors, car beaucoup d'animaux, les carnassiers surtout, s'endorment après avoir pris leur repas ; la plupart des sécrétions ne paraissent nullement modifiées.

Mais les appareils organiques ne s'endorment point : celui de la génération qui, chez l'homme, éprouve si souvent une vive surexcitation pendant le sommeil sous l'influence cérébrale, reste complétement engourdi chez les animaux, si l'on en juge par le défaut d'érection et d'émissions spermatiques. Cependant il ne faudrait pas croire que la vie organique est dans une activité permanente toujours égale. Celle-ci, aussi bien que l'autre, a, comme le dit Müller, ses moments de ralentissement, dont les périodes inégales ne coïncident point entre elles pour tous les organes à la fois. On sait comment le relâchement du cœur succède à la contraction, comment l'inertie de l'estomac alterne avec son activité, et nous verrons bientôt de quelle manière les glandes salivaires, le pancréas, se reposent à la suite de leur supersécrétion.

Le cerveau des animaux ne tombe pas pendant le sommeil dans une inaction complète ; il continue quelquefois à agir comme nous le prouvent les rêves. Il est incontestable, en effet, que les brutes peuvent rêver. Aristote a dit, et Pline a répété que le cheval, le chien, la brebis, la chèvre, et, en un mot, tous les quadrupèdes jouissent de ce privilége : le fait est prouvé au moins pour le chien et le chat par les cris et les mouvements de ces animaux pendant le sommeil. Lucrèce, si profond observateur, a dépeint avec une exagération qui n'a rien d'invraisemblable, le cheval haletant, couvert de sueur et rassemblant ses forces pour disputer le prix de la course, et le chien éveillé en sursaut par la figure suspecte d'un inconnu. « Souvent, dit-il (1), dans un doux sommeil, les chiens, intrépides compagnons du chasseur,

(1) *Loc. cit.*, liv. IV, p. 263.

agitent leurs membres, et tout à coup exhalent des cris retentissants ; leurs narines hument fréquemment l'air et semblent interroger la trace de leur proie ; et, souvent arrachés au sommeil, ils s'élancent vers l'image des cerfs qu'ils croient voir fuir devant eux jusqu'à ce qu'ils soient désabusés d'une erreur qu'ils regrettent. » Pline a prétendu aussi que les ânesses ruent quelquefois pendant leurs rêves. Ce qui se passe alors dans le cerveau de la brute, nous l'ignorons complétement. Toutes les dissertations des auteurs sur l'action cérébrale pendant le sommeil ne peuvent rien nous apprendre en ce qui concerne des êtres dont il est déjà si difficile de débrouiller les opérations intellectuelles et instinctives pendant la veille.

Le sommeil offre de très grandes variétés parmi les animaux ; un certain nombre d'entre eux, les oiseaux de proie nocturnes, plusieurs carnassiers, dorment souvent le jour et se réveillent aux approches de la nuit ; la plupart dorment pendant la nuit, et l'on sait que la généralité des oiseaux se trouve dans ce cas.

Presque tous les grands animaux se livrent au sommeil après leur repas ; mais les ruminants ne s'y abandonnent pas sans avoir soumis à une nouvelle mastication une partie des aliments de leur premier estomac, et, après une période de rumination, ils s'assoupissent, puis se mettent de nouveau à ruminer. Certaines espèces, notamment parmi les carnassiers, le chien, le chat et le porc, dorment fort souvent ; d'autres, telles que le cheval, dorment très peu. En général, les animaux, par une nécessité liée à la sûreté de leur conservation, ont le sommeil si léger, qu'ils se réveillent au moindre bruit.

Le sommeil provoqué par les narcotiques, l'engourdissement qui est le résultat de l'action de l'ivraie enivrante, de la jusquiame sur les grands herbivores, est quelquefois assez prolongé ; mais l'anesthésie déterminée par l'inspiration de l'éther ou du chloroforme, lorsqu'elle n'est pas poussée trop loin, se dissipe assez promptement.

II. DE L'HIBERNATION.

A de certaines époques de l'année, il est des animaux qui tombent dans une espèce d'engourdissement, dans une sorte de torpeur ou de léthargie qu'on désigne sous le nom d'*hibernation :* c'est l'état dans lequel se trouvent en hiver la plupart des reptiles des climats tempérés et plusieurs mammifères, tels que la marmotte, la chauve-souris, etc.

Cet état particulier a aussi reçu le nom de *sommeil hivernal ;* mais cette dénomination est peu convenable, parce que l'hibernation diffère beaucoup du sommeil et qu'elle se montre pour quelques animaux pendant les saisons les plus chaudes. Aussi, à cause de cela, nous conserverons la première qualification en distinguant l'engourdissement qui se produit pendant les grandes chaleurs, de celui qui est la conséquence du froid : le premier peut s'appeler *estival*, et le second *hivernal.*

L'engourdissement estival, qui est le plus rare des deux espèces, ne s'observe, pour ainsi dire, que parmi les reptiles et les animaux inférieurs des régions équatoriales ; il n'est, à proprement parler, que l'exagération de l'effet produit sur l'homme et sur les grands mammifères par la haute température des pays chauds. On sait, en effet, que les habitants des tropiques sont pendant le jour accablés de fatigue, invinciblement portés au sommeil et incapables de se livrer à l'exercice. Les tenrecs

de l'île de Madagascar, d'après les récits des voyageurs, les gerboises d'Afrique, sont, parmi les mammifères, des animaux qui, pendant plusieurs mois de l'année, restent plongés dans la torpeur ; il en est de même pour les boas et les crocodiles de l'Amérique méridionale, qui s'ensevelissent dans la vase et ne se réveillent qu'avec la saison des pluies ; il en est encore ainsi pour la salamandre, sous l'influence de la sécheresse. Du reste, une infinité d'infusoires et de zoophytes, que la dessiccation de leur véhicule avait plongés dans une mort apparente, retrouvent la vie avec l'humidité.

L'engourdissement hivernal, plus commun que le précédent, s'observe, pour ainsi dire, chez tous les reptiles qui habitent les climats tempérés, et, à plus forte raison, chez ceux qui vivent dans les contrées un peu froides. On en conçoit bien la raison quand on se rappelle que la chaleur intérieure de ces vertébrés doit se modeler sur celle de l'extérieur et en suivre toutes les variations ; de plus, on voit par là pourquoi les reptiles ne peuvent vivre dans les climats froids où leur engourdissement deviendrait perpétuel.

Cet engourdissement ne se produit pas subitement et ne conserve point, une fois développé, la même intensité. Il arrive par des degrés qui correspondent, suivant l'observation de Dugès, à ceux du froid atmosphérique : d'abord, il ne consiste qu'en un léger affaiblissement des forces et de la vivacité habituelle de l'animal, puis il devient une torpeur qui peut encore se dissiper facilement ; enfin, il passe à l'état d'un engourdissement complet.

Les mammifères susceptibles de ressentir ses effets sont assez nombreux : parmi eux, se placent en première ligne la chauve-souris, la marmotte, le hérisson, le loir, ensuite l'ours, la musaraigne, l'écureuil, etc.

Ces animaux semblent, avant leur sommeil, éprouver un pressentiment de l'état dans lequel le froid va les plonger ; ils se retirent, les uns dans des cavernes toutes préparées, les autres dans des troncs d'arbres ou dans des demeures souterraines qu'ils se sont creusées : là, ils trouvent une température plus uniforme et moins rigoureuse que celle de l'atmosphère. Ainsi, l'ours qui habite les montagnes se cache sous des rochers, dans des fourrés épais ou entre des troncs d'arbres ; la marmotte s'enfonce dans un boyau souterrain d'une très grande étendue et dont elle ferme l'ouverture pendant la saison froide ; la chauve-souris se choisit une demeure dans des fentes de muraille, dans des habitations abandonnées, des caves, ou même sous les toits ; enfin, les reptiles eux-mêmes cherchent par des abris à se défendre contre la rigueur du froid.

L'époque de cet engourdissement est variable, suivant les espèces qui sont susceptibles de l'éprouver. Quelques unes paraissent s'endormir dès l'apparition des premiers jours de l'hiver, tandis que d'autres ne s'assoupissent que quand les froids sont rigoureux. Du reste, à quelque moment qu'il arrive, il ne se produit que graduellement et d'une manière insensible. D'abord, les animaux se meuvent avec lenteur et semblent plongés dans un affaissement qui va toujours en augmentant : la marmotte met son corps en boule, ferme les yeux, tient les mâchoires fortement rapprochées, devient froide et comme privée de vie (1) ; le muscardin et le hérisson

(1) Mangili, *Mém. sur la léthargie des marmottes* (*Ann. du Muséum*, 1807, t. IX).

se roulent aussi en boule; l'écureuil s'entoure de provisions; la chauve-souris reploie ses ailes contre son corps et se suspend aux aspérités des corps environnants à l'aide des ongles de son pouce ou de ses pattes.

Lorsque l'engourdissement est complet, la sensibilité devient très obtuse : on peut changer les animaux de place, les toucher, les piquer même, sans qu'ils paraissent s'en apercevoir : la respiration continue, mais elle est excessivement lente et faible. Mangili a observé que des marmottes plongées dans une léthargie profonde ne respiraient que quatorze fois par heure, tandis que dans l'état de veille elles respiraient quinze cents fois. La circulation, remarquablement lente, n'est jamais suspendue : c'est un fait mis hors de doute par tous les physiologistes qui se sont occupés du phénomène de l'hibernation.

La c haleur intérieure des animaux hibernants, qui, dans les circonstances ordinaires, est sensiblement la même que celle des autres espèces de leur classe, présente un très grand affaiblissement pendant la période de torpeur. Cette température est toujours de quelques degrés plus élevée que la température ambiante. D'après Prunelle, les marmottes dont la chaleur intérieure descend seulement de + 15° à + 18°, sont à peine engourdies ; mais elles le sont tout à fait lorsque la chaleur interne n'est que de + 8° à + 10°. Quelquefois cet abaissement de température peut aller jusqu'à + 5°. Berger s'est assuré (1) qu'il y avait toujours un certain rapport entre la température ambiante et celle du corps des animaux engourdis; il a vu qu'il suffisait de maintenir des lérots dans un vase dont la température était abaissée de 8 à 12 degrés R. au-dessous de zéro, pour que dans l'espace d'une heure et demie leur chaleur intérieure diminuât de 12 degrés. Du reste, les animaux qui, pendant l'hiver, s'engourdissent et se réveillent alternativement, à quelques jours d'intervalle, offrent pendant la veille une température presque égale à celle des autres époques de l'année. Le même observateur a constaté que, pendant ces moments de veille, les marmottes avaient une température de 28 à 30 degrés R. qui descendait de + 17 à + 7 degrés R. pendant les jours d'engourdissement.

De même que tous les animaux hibernants ne tombent pas en léthargie à la même époque et sous l'influence du même degré de froid, de même aussi ils ne sont pas tous plongés dans une torpeur également profonde et ne se réveillent pas tous au même moment de l'année. La chauve-souris, les hérissons, les marmottes et les loirs s'engourdissent, les deux premiers, à + 7° ou + 6°. Selon Saissy, les troisièmes, seulement à — 5°, et les quatrièmes à + 4° ou + 5° (2). Quelques uns de ces animaux peuvent ne pas s'engourdir, bien qu'ils soient souvent exposés à un froid assez intense, les marmottes en domesticité, par exemple.

L'état des fonctions chez les animaux hibernants varie beaucoup suivant les degrés de leur léthargie. Je viens de dire combien de variations peut offrir la chaleur intérieure. Celle-ci étant toujours en rapport avec l'étendue de la respiration et la vitesse de la circulation, on conçoit que les 4, 6 ou 8 respirations par minute de la marmotte, les 4 ou 5 du hérisson, ne doivent pas produire une grande quantité de chaleur. Lorsque l'engourdissement est très profond, il peut arriver même, si l'on en

(1) *Mémoires du Muséum*, 1828, t. IV.
(2) Dugès, *Physiologie comparée*, t. I, p. 468.

croit Dugès, que la respiration soit tout à fait suspendue, que le galvanisme et l'irritation ne puissent plus susciter de contractions musculaires. Peut-être en est-il ainsi de certains reptiles; mais le fait paraît peu probable en ce qui concerne les mammifères.

Quels que soient, du reste, les degrés de la torpeur hivernale, celle-ci est bien rarement continue ; elle est, au contraire, fréquemment interrompue aux époques pendant lesquelles la température se radoucit, et même au moment des plus grands froids. En effet, tous ceux qui ont étudié le sommeil hivernal ont constaté que les animaux engourdis se réveillaient assez promptement quand on les exposait à un froid plus vif que celui auquel ils étaient habitués. Ce réveil était suivi d'une agitation extrême et très souvent de la mort.

Avant que les animaux s'engourdissent, ils se préparent au sommeil par le jeûne et d'abondantes évacuations dont l'effet est de débarrasser l'estomac et l'intestin des matières excrémentitielles : aussi, pendant l'hibernation, trouve-t-on ces viscères presque vides (1). Ils sont alors très gras ; mais par suite de la persistance de la respiration et des actions nutritives, la graisse qui s'était préalablement déposée sous la peau, dans les épiploons et les mésentères, disparaît presque en totalité ; les animaux deviennent très maigres et perdent une portion notable de leur poids. Berger a vu un muscardin qui resta engourdi pendant soixante et un jours consécutifs, à une température moyenne de + 8° R., perdre le quart de son poids (il pesait 329 grains au moment où il s'endormit, et 246 seulement à son réveil). Pendant tout ce temps il ne prit aucun aliment et ne rendit aucune matière excrémentitielle. Une marmotte pesant 7 livres au mois de septembre, n'avait plus qu'un poids de 5 livres dans le courant de mars, en sortant de sa léthargie.

Cette léthargie, dans laquelle les animaux sont plongés plus ou moins longtemps, devrait ou semblerait devoir les affaiblir beaucoup à leur réveil; cependant ils conservent à ce moment une assez grande énergie : le hérisson, qui a rempli ses vésicules séminales pendant son sommeil, se livre à la reproduction avant de songer à réparer ses forces épuisées.

Les conditions favorables à l'engourdissement et les causes qui les déterminent sont peu connues, bien que plusieurs observateurs habiles les aient cherchées avec soin. Cependant il est certaines particularités anatomiques qui paraissent favoriser la production de ce singulier phénomène : voici les plus remarquables, d'après Prunelle (2), chez le hérisson, la chauve-souris, la marmotte et le lérot. La peau est épaisse, très dense et fortement adhérente aux parties sous-jacentes; la couche graisseuse qui tapisse sa face interne est d'une épaisseur considérable ; la poitrine est plus étroite que celle des animaux de même taille qui ne s'endorment pas, elle diminue encore de capacité lorsque le corps se met en boule. Le thymus (3), petit et comme

(1) Aristote avait déjà fait cette remarque. Les ours ne mangent rien, dit-il, pendant leur retraite ; la preuve du fait est qu'ils ne sortent point, et que ceux que l'on prend alors ont le ventre et les intestins vides. Comme il n'entre rien dans leurs intestins, *il s'en faut peu*, ajoute-t-il, *que les parois ne s'en réunissent*. (*Hist. des anim.*, liv. VIII, p. 449 et 501.)

(2) *Recherches sur les phénomènes et sur les causes du sommeil hivernal de quelques mammifères* (*Annales du Muséum*, 1817, t. XVIII, p. 20 et 302).

(3) Existe-t-il réellement pendant toute la vie chez ces animaux ou seulement dans le jeune âge.

atrophié en été, augmente de volume aux approches de l'hiver et devient très gros chez la chauve-souris, chez le hérisson et surtout chez la marmotte. Le développement de cet organe doit donc diminuer la capacité du thorax, qui se trouve encore réduite par la grande quantité de graisse amoncelée autour du péricarde, dans les médiastins et au-dessus du sternum, dispositions qui peuvent gêner l'action du poumon, rendre la respiration imparfaite et ôter à l'animal son aptitude à résister au froid. Les épiploons sont très grands et surchargés de graisse, surtout dans la marmotte, où leur disposition est plus compliquée ; les masses adipeuses qui entourent les reins sont volumineuses. L'estomac et l'intestin sont vides et affaissés, leurs parois contiennent aussi de la graisse ; « le foie, la rate et les reins sont également enveloppés de graisse chez tous les dormeurs et surtout chez la marmotte. »

Ces différentes circonstances paraissent préparer les animaux à l'engourdissement en produisant à l'approche de l'hiver une espèce de somnolence, d'abord peu différente de cet état qui caractérise les premiers moments du sommeil ordinaire. L'animal, à cause de son impressionnabilité et de son peu d'aptitude à supporter le froid, rassemble ses membres et se met en boule ; le poumon, comprimé déjà par le thymus, s'il existe encore, et par la graisse, n'a plus un jeu assez étendu ; l'hématose devient de plus en plus incomplète, le sang perd ses propriétés stimulantes : celui-ci n'excitant plus assez le cerveau, la sensibilité générale diminue comme la température baisse par l'effet du ralentissement de la combustion pulmonaire. En résumé, l'action du froid, la gêne apportée dans les fonctions respiratoires et le défaut de nourriture paraissent être les circonstances essentielles qui prédisposent à l'engourdissement et qui produisent ce phénomène. Mais comme ces causes agissent sur une infinité d'animaux sans y déterminer l'hibernation, il est probable qu'à leur action vient s'ajouter, pour quelques uns, l'influence d'autres conditions encore inconnues.

LIVRE QUATRIÈME.

DE LA DIGESTION.

Toutes les fonctions que nous venons d'étudier ont pour but commun de mettre l'animal en rapport avec le monde extérieur ; elles suffisent seules pour faire de la brute un être qui se meut, qui sent et qui a conscience de son existence; car, suivant l'heureuse idée d'un illustre physiologiste, ce sont elles qui constituent l'animal. Tout le reste appartient à l'être organisé réduit à la vie végétative, et peut s'en séparer, non seulement en abstraction, mais encore en réalité, puisque le reptile privé de cœur, de poumons, d'appareil digestif et d'organes reproducteurs, continue, pendant un certain temps, à se mouvoir et à sentir comme auparavant, pourvu qu'on lui ait laissé l'appareil locomoteur, le système nerveux et les organes des sens.

Mais la machine vivante, comparable à ce vaisseau qui reçoit sans cesse quelque atteinte, se détériore et s'use ; elle éprouve par le fait de son activité même, des déperditions qui doivent être réparées aux dépens des substances étrangères à l'organisme : c'est en vue de ce résultat que la digestion prépare les éléments destinés à entretenir le matériel de l'économie et qu'elle les transforme en substance vivante.

Cette importante fonction qui ouvre la longue série des actions nutritives comprend un grand nombre d'opérations successives ou simultanées dont nous allons présenter l'analyse, après avoir jeté un coup d'œil sur l'appareil chargé de les effectuer.

CHAPITRE XIX.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'APPAREIL DIGESTIF.

L'appareil digestif, que l'on a longtemps considéré comme le caractère essentiellement distinctif des animaux, n'existe pas dans toutes les espèces des degrés inférieurs du règne animal; mais il apparaît déjà dans celles dont la composition est encore excessivement simple.

Il se montre, en général, sous la forme d'un tube à parois membraneuses et contractiles, étendu d'une extrémité du corps à l'autre, partout continu à lui-même, renflé, rétréci, replié dans certains points, pourvu d'annexes glanduleuses et percé

de deux ouvertures, l'une pour l'entrée des aliments, l'autre pour l'expulsion du résidu des actions digestives.

Lorsqu'il apparaît chez les animaux d'une organisation élémentaire, les polypes, par exemple, il ne constitue qu'un simple sac à une seule ouverture, creusé dans la substance homogène du corps, sans parois propres, sans replis, sans dilatations, ni rétrécissements alternatifs et sans organes glanduleux qui versent des liquides dans sa cavité. Bientôt, il offre deux ouvertures opposées, se renfle dans certains points, se rétrécit dans d'autres, acquiert des parois propres et distinctes, s'annexe des glandes tubuliformes ou parenchymateuses. Puis il augmente de longueur, se replie sur lui-même, et son ouverture postérieure, qui lui était primitivement commune avec celle des voies génératrices et urinaires, finit par s'isoler complétement de ces dernières. Enfin, parvenu à un certain degré de complication, il se fractionne en plusieurs parties ayant chacune des caractères anatomiques et des fonctions spéciales.

La bouche, privée d'abord de parties résistantes propres à diviser les matières alimentaires, est bientôt pourvue d'un appareil disposé pour saisir, diviser ou broyer ces substances ; celui-ci consiste soit en une série de pièces solides, de forme variable, soit en un bec corné, ou en une paire de mâchoires horizontales ou verticales. Autour de la cavité buccale, plus ou moins spacieuse, viennent se grouper des glandes dont le produit sert à humecter l'aliment et à faciliter les élaborations ultérieures qu'il devra éprouver dans les autres parties du tube digestif, et ces glandes, primitivement toutes semblables entre elles, finissent par se distinguer les unes des autres, sous le rapport de leur structure, de leur mode d'action et des caractères des fluides qu'elles sécrètent.

L'œsophage, uniquement destiné à conduire les aliments de l'arrière-bouche à l'estomac, forme un simple canal dont les parois, très contractiles, n'ont presque point de glandules dans leur épaisseur. Son diamètre, qui est très considérable chez les animaux dont la proie est avalée tout entière, diminue sensiblement chez ceux dont les aliments sont très divisés ; il est aussi plus faible chez les herbivores que chez les carnassiers, et même, parmi les premiers, on le voit plus petit dans les solipèdes que dans les ruminants, dont la première mastication est très incomplète.

L'estomac, chargé de contenir les aliments accumulés et de leur faire subir une élaboration importante, constitue un réservoir plus ou moins nettement séparé de l'œsophage et de l'intestin. Il se présente sous l'aspect d'un renflement, longitudinal chez les animaux inférieurs et les vertébrés ovipares, transversal chez les mammifères et les oiseaux ; renflement tantôt simple, tantôt divisé en plusieurs parties. Généralement simple, uniloculaire et tapissé par une muqueuse partout semblable à elle-même chez les carnassiers, il se divise en plusieurs compartiments chez un grand nombre d'espèces dont le régime est végétal. Mais sa complication marche par degrés insensibles : d'abord, elle n'est indiquée que par une différence de structure et de propriétés entre la muqueuse de la partie œsophagienne et celle de la partie intestinale du viscère, puis elle est marquée par cette différence coïncidant avec une légère dépression extérieure, comme on le voit chez les solipèdes ; enfin, la complication se prononce de plus en plus par la présence d'étranglements profonds et de cloisons séparant le réservoir en plusieurs sacs qui arrivent à avoir

chacun une structure et des attributions spéciales. Ainsi, on peut la voir graduellement croissant à partir du porc et des solipèdes jusqu'aux animaux ruminants. Elle consiste, dans le premier, en un léger renflement de la partie gauche du viscère; dans la roussette, en une dilatation œsophagienne assez prononcée; dans le porc-épic, en trois ou quatre bosselures; et dans le kanguroo, en un grand nombre de dilatations séparées par des rétrécissements profonds. Chez d'autres animaux, la complication ne tient plus seulement à la forme, elle dépend encore de la structure : le daman montre un estomac étranglé en deux sacs ayant chacun une muqueuse, séparés par un étranglement extérieur et une cloison interne perforée; l'hippopotame, le dauphin, la baleine, le narval, ont un ou plusieurs réservoirs tapissés par des muqueuses dont les caractères sont différents de l'un à l'autre; enfin, le *bradypus tridactylus* (1) et tous les ruminants ont quatre poches gastriques dont la structure et le rôle admirables nous occuperont par la suite.

Cette complication n'appartient pas seulement aux mammifères, elle s'observe encore parmi les oiseaux et même parmi les invertébrés; mais quelle qu'elle soit, elle ne change point essentiellement le rôle du viscère : celui-ci se reconnaît toujours à sa fonction, qui est de sécréter le fluide dissolvant connu sous le nom de *suc gastrique*.

L'intestin qui fait suite au renflement gastrique, laisse au tube digestif sa forme canaliculée. Dans son état le plus simple, il est court, uniforme, tout d'une venue, et semble présenter, d'une extrémité à l'autre, à peu près la même structure et les mêmes propriétés; c'est ainsi qu'il se présente chez les invertébrés, chez la plupart des reptiles et des poissons, et, parmi les mammifères, chez le hérisson et la chauve-souris. A un degré plus élevé, ce canal se distingue en deux parties : l'une étroite, l'intestin grêle; l'autre plus ou moins dilatée, le gros intestin.

L'intestin grêle, essentiellement destiné à l'absorption des produits de la digestion, se caractérise par l'abouchement dans sa cavité des canaux biliaires et pancréatiques, par la présence de villosités en rapport avec des vaisseaux chylifères nombreux, et par celle d'un appareil glandulaire muqueux très remarquable. Il se fractionne en trois parties assez distinctes, lorsqu'il arrive à son maximum de complication.

Le gros intestin, d'abord uniforme dans toute sa longueur, arrive bientôt à offrir deux sections plus ou moins bien délimitées, le cæcum et le côlon. Le cæcum lui-même, à peine marqué, simple, sans bosselures, ni étranglements chez les carnassiers, prend des proportions plus considérables, se renfle, se contourne diversement, acquiert des replis, des valvules et des glandes spéciales chez les animaux herbivores. Le côlon, si régulièrement cylindrique chez les carnivores et un certain nombre d'herbivores, se montre chez les solipèdes, certains rongeurs et plusieurs pachydermes, avec des dilatations plus ou moins considérables, des valvules, des replis muqueux, des rubans charnus à sa surface; il finit par se partager en deux sections : l'une repliée, très ample; l'autre plus étroite, dans laquelle les matières alimentaires prennent une grande consistance.

(1) Voyez à ce sujet, pour de plus amples détails, les *Leçons d'anatomie comparée* et les dessins que M. Duvernoy a placés dans la 1re édition de cet ouvrage.

Enfin, les annexes glanduleuses de l'appareil digestif apparaissent avec des formes simples qui se compliquent graduellement. Elles ne consistent, primitivement, qu'en appendices flottants et tubuleux auxquels succèdent des glandes parenchymateuses distinctes les unes des autres par leur situation, leur structure et les propriétés des fluides qu'elles sécrètent.

L'appareil digestif, arrivé à son plus haut degré de perfectionnement, présente une structure remarquable, surtout en ce qui concerne le tube gastro-intestinal, envisagé indépendamment de ses annexes glanduleuses. Les parties qui le composent essentiellement sont une enveloppe musculaire et une membrane muqueuse.

L'enveloppe contractile est formée, en partie, par des muscles placés sous la dépendance de la volonté et, en partie, par des muscles dont la contraction est tout à fait involontaire. C'est aux deux extrémités de l'appareil, et surtout à l'antérieure, que se trouvent les premiers, disposés en faisceaux, ayant chacun leur forme déterminée et leurs usages spéciaux. Dans tout le reste du tube, il n'y a plus que des expansions membraniformes composées, en général, de deux plans superposés qui doivent, par leur contraction régulière, produire un raccourcissement dans la longueur des réservoirs et une diminution de leur diamètre transversal.

La membrane muqueuse qui tapisse cette couche contractile et qui forme l'élément essentiel du tube, étant sans cesse en contact avec les matières étrangères, doit être protégée contre l'irritation qu'elles peuvent produire à sa surface ; elle doit sentir ces matières et apprécier, au moins d'une manière vague et obscure, leurs diverses propriétés physiques, car c'est la sensiblité de cette membrane qui provoque et règle la contraction des plans musculaires disposés à sa périphérie. De plus, elle est chargée de sécréter des liquides destinés à l'élaboration des matières alimentaires et d'absorber les produits utiles de la digestion : aussi, son organisation est-elle admirablement appropriée à tant de destinations diverses.

La surface libre de la muqueuse, quoique partout en contact avec les substances alimentaires, n'est pas également exposée dans toute son étendue à en être blessée ou irritée : aussi, son revêtement protecteur n'a-t-il pas des caractères uniformes. C'est à l'entrée de l'appareil, c'est dans la cavité buccale, aux lèvres, aux joues, sur la langue, à l'œsophage, au sac droit de l'estomac des solipèdes, dans les trois premiers réservoirs gastriques des ruminants, dans le gésier des gallinacés, que l'épithélium est épais, pavimenteux et qu'il engaine les papilles que ces surfaces peuvent présenter. Dans la partie de l'estomac réservée à la sécrétion du suc gastrique et dans l'intestin, où les substances alimentaires très ramollies ou dissoutes ne peuvent plus blesser la membrane, celle-ci n'est recouverte que d'un épithélium microscopique à éléments désagrégés et d'une couche de mucus. Là, elle conserve une grande vascularité, une souplesse extrême, et acquiert une grande aptitude à la sécrétion et à l'absorption. Cette différence dans la nature et les propriétés de la partie protectrice de la muqueuse coïncide avec une différence dans la texture et les propriétés de la membrane qui est analogue à la peau quand elle a un épithélium, un pigment et des papilles et qui, au contraire, n'est plus qu'une expansion glanduleuse dans les parties où son rôle est de sécréter et d'absorber.

L'appareil sensitif de la muqueuse n'existe pas sur toute l'étendue de la membrane ; il manque dans les points où il ne faut qu'une sensibilité obscure suscep-

tible d'être exercée par la surface même du tissu ; mais il apparaît sur la langue des mammifères, à la face interne des joues et des trois premiers estomacs de la plupart des ruminants où il faut une sensibilité mieux caractérisée. Là, il est constitué par des papilles, tantôt minces, fines, souples comme les filaments du velours; d'autres fois, longues, épaisses, recouvertes de gaînes épithéliales ou cornées. Ces productions se montrent sous des formes variées et avec des propriétés spéciales, suivant les parties où elles se trouvent. On en compte plus d'un mille à la face interne des joues de nos petits ruminants, près du double au même lieu chez le bœuf, et on les voit se multiplier tellement dans l'estomac de ce dernier animal, que leur nombre s'y élève de trois à quatre cent mille à la face interne du rumen, et à plus d'un million sur celle des lames du feuillet.

L'appareil sécréteur de la membrane muqueuse est plus uniformément disséminé que celui de la sensibilité. Il consiste en une infinité de glandules placées, soit au-dessous de la muqueuse, soit à sa surface libre ou dans l'épaisseur de son tissu, et en un nombre plus considérable encore de petits tubes serrés les uns contre les autres. Les premières abondent dans la cavité buccale, au pharynx, quelquefois à l'œsophage et à l'origine de l'intestin grêle ; les secondes, sur toute la longueur de l'intestin, et les dernières, à la fois, sur la muqueuse gastrique et sur la muqueuse intestinale. Leur dissémination, leur structure et leurs propriétés feront plus tard l'objet de nos études.

Enfin, l'appareil absorbant, constitué par des saillies effilées, grêles et souvent microscopiques, ne se montre que dans l'intestin grêle où l'absorption jouit d'une extrême activité ; il manque dans tout le reste de la muqueuse qui, cependant, conserve à peu près partout, mais à des degrés variables, la faculté de pomper les fluides mis en contact avec sa surface libre.

La membrane muqueuse, dont la structure complexe varie tant suivant les parties qu'elle tapisse, a une étendue qui, assez restreinte chez les espèces carnassières, augmente chez les omnivores et devient immense chez les animaux dont l'alimentation est exclusivement végétale. La part de surface qui en a été dévolue à chaque espèce est calculée d'après le régime de celle-ci et dans des proportions constantes, de telle sorte que la nature semble avoir mesuré cette membrane comme un tissu précieux, afin que chaque animal n'en ait que l'étendue strictement nécessaire à l'accomplissement de ses fonctions digestives.

Ainsi, le cheval et le bœuf, tous deux herbivores, l'un monogastrique, l'autre ruminant et polygastrique ; le premier digérant peu par son estomac, beaucoup par son intestin ; le second, au contraire, digérant plus par son estomac vaste et complexe que par son intestin étroit et sans renflements, possèdent l'un et l'autre, malgré les différences considérables de leur appareil gastro-intestinal, à peu près la même étendue de surface digestive, et cette étendue, pour les deux, est double ou triple de celle de la peau prise pour terme de comparaison.

Le cheval, par exemple, dont la surface cutanée est en moyenne de 5 à 6 mètres carrés, a une muqueuse gastro-intestinale qui est d'une étendue d'environ 12 mètres superficiels, savoir la trentième partie pour l'estomac et le reste pour l'intestin. Le bœuf, de même taille et à peu près de même volume que le premier mammifère, a une surface muqueuse de près de 17 mètres carrés, dont 9 pour les réservoirs gas-

triques. Conséquemment, le solipède a la muqueuse gastro-intestinale d'une étendue double, et le ruminant, d'une étendue triple de celle de la peau. Ce dernier a pour ses estomacs seulement une surface qui égale une fois et demie celle de l'enveloppe cutanée (1).

Les carnassiers, le chien et le chat, par exemple, sont loin d'avoir une muqueuse aussi grande, proportionnellement au volume du corps. Le chien et le chat n'ont plus l'un et l'autre qu'une surface digestive égale aux deux tiers de celle de la peau, proportion fort éloignée de celle qui appartient aux animaux herbivores.

Enfin, les omnivores, le porc étant pris pour type, tiennent le milieu entre les espèces qui vivent d'herbes et celles qui se nourrissent exclusivement de matières animales.

La longueur du tube digestif est encore, mais d'une manière moins rigoureuse, subordonnée au mode d'alimentation des animaux. Les travaux de Cuvier ont fait voir que les herbivores ont un intestin dont l'étendue peut s'élever de vingt-sept à vingt-huit fois la longueur du corps, tandis que les carnassiers en possèdent un si court, qu'il n'égale souvent que trois à quatre fois la même longueur. Mais, si en général, le maximum appartient aux herbivores et le minimum aux carnassiers, il s'observe de nombreuses exceptions à cette règle. Ainsi, près du bélier, dont l'intestin a vingt-huit fois la longueur du corps, se trouve le dromadaire, qui n'a plus au sien que quinze fois cette longueur, puis le cerf commun que douze fois, le chevreuil onze fois, l'hippopotame neuf fois, l'éléphant sept fois, la même mesure prise pour terme de comparaison. En regard de ces herbivores, on voit des carnassiers dont l'intestin est aussi long que celui des premiers : l'hyène, par exemple, l'a huit fois, et le phoque quinze, vingt, vingt-huit fois égal à la longueur du corps. Il est vrai que ces exceptions sont plus apparentes que réelles, car le diamètre du canal, ses renflements, ses valvules, peuvent établir des compensations, comme on le voit en comparant le bœuf avec le cheval : l'intestin du dernier, s'il est moitié moins long que celui du ruminant, est renflé sur plusieurs points, de telle sorte qu'il acquiert une capacité double et quelquefois triple de celle de l'intestin du bœuf.

A part ces irrégularités, on peut, avec les naturalistes, admettre en principe que la longueur de l'intestin est en rapport avec l'alimentation des animaux : toutes les fois que, chez les herbivores, ce canal sera moins étendu que ne le comporte le régime, il se dilatera pour reprendre en capacité et en diamètre ce qu'il aura perdu en longueur ; de même, si dans quelques carnassiers, il est plus allongé qu'il ne devrait l'être, il sera plus étroit, plus resserré que chez les autres espèces du même groupe.

En comparant, sous ce rapport, des espèces très voisines, on peut constater l'influence immense du régime sur les dimensions de l'intestin et concevoir la possibilité de transformer, en quelque sorte, une espèce carnassière en une espèce omnivore et réciproquement. Ainsi, on sait que le sanglier a l'intestin plus court que le cochon domestique, quoique ces deux pachydermes aient, du reste, exactement la

(1) G. Colin, *Études sur la membrane muqueuse digestive des animaux domestiques* (*Recueil de médecine vétérinaire*, 1850, t. VII, p. 909; et 1851, t. VIII, p. 40),

même organisation ; on sait également que le chat, le lapin sauvages, le buffle, ont cet organe beaucoup moins long que le chat, le lapin et le bœuf domestiques. Or, ne semble-t-il pas que le régime, en allongeant et en dilatant le tube intestinal du chien et du chat, ait pu affaiblir des appétits sanguinaires et finir par rendre supportable à des carnassiers une nourriture exclusivement végétale.

La capacité de l'appareil digestif est soumise, quant à ses variations, à des lois encore plus rigoureuses que celles qui déterminent la longueur de l'intestin. Les herbivores, dont les aliments ont toujours un grand volume, doivent nécessairement avoir un estomac et un intestin énormes, tandis que les carnassiers, qui se nourrissent de substances dont la masse est peu considérable, n'ont besoin que d'une cavité gastro-intestinale d'une très faible capacité. Toutefois, celle de l'estomac, au lieu de se proportionner à celle de l'intestin, se montre avec cette dernière dans un rapport inverse fort remarquable, car on voit dans une série d'espèces, ayant le même régime, l'estomac petit lorsque l'intestin est grand, et réciproquement, particularité surtout frappante chez les solipèdes comparés aux ruminants.

Ainsi, le cheval, qui est peut-être de tous les mammifères herbivores celui dont l'estomac offre proportionnellement le moins de volume, possède, en compensation, un intestin énorme ; le premier viscère de cet animal ne contient, en moyenne, que de 16 à 18 litres, alors que le second en renferme de 125 à 300, c'est-à-dire dix à onze fois autant. Le bœuf, au contraire, a un estomac dont la capacité s'élève à plus de 200 litres, tandis que celle de l'intestin n'arrive pas à la moitié de cette quantité ; différence capitale dont on trouvera plus tard la raison dans les caractères particuliers à la digestion de ces deux quadrupèdes. Chez les carnassiers, la capacité de l'estomac l'emporte sur celle de l'intestin et lui demeure inférieure chez les omnivores (1).

En considérant dans leur ensemble et d'une manière générale la longueur, la capacité et la surface de l'appareil digestif, on arrive à voir que, de ces trois choses, la dernière est la plus essentielle et celle qui exprime le mieux l'aptitude des animaux à telle ou telle espèce d'alimentation. En effet, chez les herbivores, solipèdes ou ruminants, le tube digestif a une énorme capacité pour contenir la masse de substance nécessaire à la réparation des pertes ; elle est, terme moyen, pour le cheval, de 211, et pour le bœuf, de 356 litres. Une dilatation si considérable de l'appareil digestif de ces herbivores implique évidemment une surface muqueuse très étendue, et cependant cette surface serait, en définitive, assez minime si la nature n'eût employé divers artifices propres à la multiplier indéfiniment sans modifier en rien le volume des diverses parties du tube gastro-intestinal.

Or, la nature a évité, dans la confection des réservoirs, deux formes qui, toutes proportions gardées, tendent à réduire pour une même capacité l'étendue de la surface muqueuse, c'est-à-dire celles qui se rapprochent du cube ou de la sphère. A l'aide de ce moyen, l'étendue de la membrane interne se trouve nécessairement augmentée : un rumen de bœuf contenant 200 litres, a à peine 2 mètres d'étendue superficielle ; tandis qu'un intestin grêle du même animal contenant seulement

(1) G. Colin, *Comparaison de l'estomac et de l'intestin des animaux* (*Recueil de médecine vétérinaire*, 1849, t. VI, p. 476, 755 et 850).

70 litres, en a une qui s'élève à plus de 5 mètres et qui arriverait à 15 ou 16 mètres, si cet intestin, tout en conservant le même diamètre, se fût suffisamment allongé pour égaler la capacité du premier compartiment de l'estomac. Par une simple augmentation de la longueur de ces réservoirs cylindriques, chaque espèce peut déjà obtenir l'étendue de muqueuse nécessaire à son mode d'alimentation.

Mais cet artifice de la forme tubulaire n'aurait pas été suffisant, à lui seul, pour multiplier l'étendue des surfaces ; il en fallait un autre qui, sans modifier la forme des viscères, ni faire varier leur capacité, pût, aussi efficacement que le premier, concourir à cette destination : celui-ci consiste dans la formation de plis plus ou moins étendus, ayant à la fois plusieurs usages divers, plis que l'on trouve dans l'intestin des herbivores, qui ont ce canal plus court que ne semble le comporter leur régime, de même que chez les solipèdes, dont le cylindre intestinal est plus court que celui des ruminants, et chez ceux-ci, dans les réservoirs dont la forme arrondie tend à réduire la surface.

Mais ce ne sont plus les mêmes vues qui ont présidé à la disposition de l'appareil digestif des carnassiers. D'abord, chez ces derniers, cet appareil a une capacité infiniment moins considérable que chez les herbivores, puisque les aliments qu'il doit recevoir sont moins volumineux ; ensuite l'intestin, tout en conservant la forme de tube qu'il revêt invariablement dans toute la série animale, perd beaucoup de sa longueur et de son diamètre ; enfin, comme particularité essentielle à ces animaux, les plis muqueux, si multipliés chez les herbivores, n'existent ici nulle part sur le trajet de l'appareil digestif. Les deux dispositions qui servaient à l'extension indéfinie de la surface, étant soigneusement évitées, il en résulte peu de capacité des réservoirs, brièveté des tuyaux et absence des plis muqueux, triple caractère du tube digestif des carnassiers.

A l'aide de ces moyens d'une extrême simplicité, la main intelligente qui a construit les machines animées a donné aux herbivores une membrane muqueuse digestive dont l'étendue est au moins double et quelquefois triple de celle de l'enveloppe cutanée, et aux carnassiers, une muqueuse extrêmement réduite, dont l'étendue ne vient jamais égaler celle de la peau, et s'en approche d'autant moins que les espèces sont plus carnassières.

Cette admirable organisation de l'appareil digestif est dans un rapport si intime avec le mode d'alimentation des animaux que, par elle, on peut déduire le régime, de même que par le régime il est facile de prévoir les principales modifications de l'appareil. La relation qui existe entre ces deux choses a été si bien démontrée par Cuvier, qu'il devient superflu d'en multiplier les preuves.

D'une part, les diverses parties de l'appareil de la digestion sont tellement en harmonie les unes avec les autres, que l'une quelconque d'entre elles étant donnée, on peut trouver celles qui restent inconnues : que de la dent, par exemple, on peut déduire la forme de la mâchoire ; de la forme de la mâchoire, celle de l'estomac et de l'intestin. D'autre part, les divers appareils de l'économie, préposés aux fonctions de relation, se trouvent dans une dépendance si étroite de celui de la digestion, que leurs dispositions essentielles sont modifiées d'après la structure de ce dernier, car la forme de la dent entraîne celle des griffes, et celle-ci, la configuration du reste des membres et le caractère de leurs mouvements. Enfin, toutes ces

particularités, réunies et combinées suivant des lois d'une rigueur mathématique, nécessitent des mœurs et des instincts déterminés; car si, avec une incisive tranchante, une canine aiguë, un intestin court et étroit, le carnassier n'eût pas reçu un odorat exquis ou une ouïe délicate pour découvrir sa proie, une grande agilité et une force suffisante pour la poursuivre et s'en emparer; si ses mâchoires n'eussent pas été mises en jeu par des muscles puissants, ses extrémités divisées et munies de griffes, son organisation ne révélerait que contradiction et imprévoyance.

Telles sont les brèves considérations qu'il était indispensable de donner avant d'aborder l'étude de la digestion. Je les termine par les tables qui indiquent, d'après mes recherches, la capacité, la longueur et l'étendue de surface des diverses parties du tube gastro-intestinal des mammifères domestiques.

TABLEAU *indiquant l'étendue métrique de la surface muqueuse gastro-intestinale comparée à celle de la peau.*

ANIMAUX.	PARTIES de l'appareil.	SURFACE partielle.	SURFACE totale.	SURFACE de la peau.	RAPPORT entre la surface de l'estomac et celle de l'intestin.	RAPPORT entre la surface de la peau et la surface gastro-intestinale.
		Mèt. carré.	Mèt. carré.	Mèt. carré.		
CHEVAL.	Estomac. . .	0.40	14.95,00	5.50,00	:: 1 : 29.87	:: 1 : 2.18
	Intestin grêle.	4.39				
	Cœcum. . . .	1.50				
	Côlon replié.	4.29				
	Côlon flottant	1 37				
BŒUF.	Rumen. . . .	2.00	17.23,00	5.80,00	:: 1 : 7.61	:: 1 : 2.97
	Réseau. . . .	0.43				
	Feuillet . . .	5.56				
	Caillette. . .	1.18				
	Intestin grêle.	5.60				
	Cœcum. . . .	0.46				
	Côlon	2.00				
PORC.	Estomac. . .	0.19.78	2.81.24		:: 1 : 13.22	
	Intestin grêle.	1,66.73				
	Cœcum . . .	0.11.50				
	Côlon	0.83.23				
CHIEN.	Estomac. . .	0.12	0.52.30	0.88.32	:: 1 : 3.36	:: 1 : 0,59
	Intestin grêle.	0.32.91				
	Cœcum . . .	0.00.55				
	Côlon	0.06,84				
CHAT.	Estomac. . .	0.02.46	0.12.66	0.21.57	:: 1 : 4.15	:: 1 : 0.58
	Intestin grêle.	0.07.39				
	Gros intestin.	0.02.81				

TABLEAU *de la longueur des diverses parties de l'intestin et de ses rapports avec celle du corps.*

ANIMAUX.	PARTIES DE L'INTESTIN	RAPPORT.	MOYENNE.	MINIMUM.	MAXIMUM.	RAPPORT entre la longueur du corps et celle de l'intestin.
			Mètres.	Mètres.	Mètres.	
CHEVAL.	Intestin grêle.	0,75	22,44	16,00	31,60	:: 1 : 12
	Cœcum.	0,04	1,00	0,81	1,28	
	Côlon replié.	0,11	3,39	2,91	4,00	
	Côlon flottant	0,10	3,08	2,35	3,44	
	Longueur totale.	1,00	29,91	22,07	40,32	
ANE.	Intestin grêle.	0,67	12,00			:: 1 : 11
	Cœcum.	0,06	1,02			
	Côlon replié	0,17	3,00			
	Côlon flottant	0,10	1,85			
	Longueur totale.	1,00	17,87			
MULET.	Intestin grêle.	0,70	18,56			:: 1 : 11
	Cœcum.	0,05	1,21			
	Côlon replié	0,13	3,50			
	Côlon flottant	0,12	3,23			
	Longueur totale.	1,00	26,50			
BŒUF.	Intestin grêle	0,81	46,00	41,00	51,00	:: 1 : 20
	Cœcum.	0,02	0,88	0,78	1,00	
	Côlon.	0,17	10,18	9,25	11,00	
	Longueur totale.	1,00	57,06	51,03	63,00	
DROMADAIRE.	Intestin grêle.	0,63	31,20			:: 1 : 15
	Cœcum.	0,01	0,40			
	Côlon.	0,36	17,72			
	Longueur totale.	1,00	49,32			
MOUTON et CHÈVRE.	Intestin grêle.	0,80	26,20	15,32	33,00	:: 1 : 27
	Cœcum.	0,01	0,36	0,21	0,45	
	Côlon.	0,19	6,17	4,10	8,49	
	Longueur totale.	1,00	32,73	19,63	41,94	
PORC.	Intestin grêle.	0,78	18,29	14,79	20,14	:: 1 : 14
	Cœcum.	0,01	0,23	0,20	0,25	
	Gros intestin.	0,21	4,99	4,32	5,55	
	Longueur totale.	1,00	23,51	19,31	25,94	
CHIEN.	Intestin grêle.	0,85	4,14	2,00	6,10	:: 1 : 6
	Cœcum.	0,02	0,08	0,03	0,16	
	Côlon.	0,13	0,60	0,23	1,05	
	Longueur totale.	1,00	4,82	2,26	7,31	
CHAT.	Intestin grêle.	0,83	1,72	1,27	1,94	:: 1 : 4
	Gros intestin.	0,17	0,35	0,30	0,40	
	Longueur totale.	1,00	2,07	1,57	2,34	
LAPIN.	Intestin grêle.	0,61	3,56	3,30	3,90	:: 1 : 10
	Cœcum.	0,11	0,61	0,50	0,76	
	Côlon.	0,28	1,65	1,41	1,85	
	Longueur totale.	1,00	5,82	5,21	6,51	

TABLEAU *indiquant la capacité absolue et relative de l'estomac et de l'intestin dans nos animaux domestiques.*

ANIMAUX.	PARTIES DE L'INTESTIN.	RAPPORT.	MOYENNE.	MINIMUM.	MAXIMUM.
			Litres.	Litres.	Litres.
CHEVAL	Estomac	0,085	17,96	10,00	37,50
	Intestin grêle	0,302	63,82	38,30	105,00
	Cœcum	0,159	33,54	16,20	68,00
	Côlon replié	0,384	81,25	55,00	128,00
	Côlon flottant-rectum	0,070	14,77	10,00	19,00
	Capacité totale	1,000	211,34	129,50	357,50
ANE	Estomac	0,097	10,00		
	Intestin grêle	0,229	24,00		
	Cœcum	0,201	21,00		
	Côlon replié	0,397	41,50		
	Côlon flottant-rectum	0,076	8,00		
	Capacité totale	1,000	104,50		
BŒUF	Estomac	0,708	252,50	215,00	290,00
	Intestin grêle	0,185	66,00	56,00	76,00
	Cœcum	0,028	9,90	8,80	11,00
	Colon et rectum	0,079	28,00	26,00	30,00
	Capacité totale	1,000	356,40	305,80	407,00
DROMADAIRE	Estomac	0,810	245,00		
	Intestin grêle	0,131	39,50		
	Cœcum	0,011	3,40		
	Côlon	0,048	14,60		
	Capacité totale	1,000	302,50		
MOUTON et CHÈVRE	Rumen	0,529	23,40		
	Réseau	0,045	2,00		
	Feuillet	0,020	0,90		
	Caillette	0,075	3,30		
	Intestin grêle	0,204	9,00		
	Cœcum	0,023	1,00		
	Côlon et rectum	0,104	4,60		
	Capacité totale	1,000	44,20		
PORC	Estomac	0,292	8,00	7,50	8,50
	Intestin grêle	0,335	9,20	8,60	9,80
	Cœcum	0,056	1,55	1,50	1,60
	Côlon et rectum	0,317	8,70	6,10	11,30
	Capacité totale	1,000	27,45	23,70	31,20
CHAT	Estomac	0,695	0,341	0,287	0,378
	Intestin grêle	0,146	0,114	0,095	0,127
	Gros intestin	0,159	0,124	0,118	0,130
	Capacité totale	1,000	0,579	0,500	0,635
CHIEN	Estomac	0,623	4,33	0,65	8,00
	Intestin grêle	0,233	1,62	0,25	3,00
	Cœcum	0,013	0,09	0,01	0,20
	Côlon et rectum	0,131	0,91	0,07	2,20
	Capacité totale	1,000	6,95	0,98	13,40

CHAPITRE XX.

DU RÉGIME.

Avant d'étudier la longue série des élaborations successives que la digestion fait éprouver aux substances étrangères qui doivent servir à l'entretien de l'organisme, il importe de voir quels sont les caractères, les propriétés, la composition et l'origine de ces substances, et de rechercher les lois d'après lesquelles les animaux en font usage.

I. DES ALIMENTS.

On désigne sous ce nom les substances qui, ingérées dans les voies digestives, sont modifiées de manière à devenir aptes à la reconstitution du sang et à la nutrition des organes.

Les matières susceptibles de servir au renouvellement des fluides et à la réparation des solides de l'économie sont fort nombreuses; elles proviennent des trois règnes de la nature, principalement des plantes et des animaux.

Les plantes qui puisent dans le sol et dans l'atmosphère les éléments nécessaires à leur développement et à leur entretien, modifient la matière inorganique et lui font éprouver de nouvelles combinaisons, desquelles résultent divers principes éminemment propres à servir à l'entretien de la vie des animaux. Ces principes, fort nombreux, se trouvent disséminés en proportions variables dans toutes les parties du végétal : aussi, n'est-il pas une de ces dernières qui ne puisse devenir un aliment pour les animaux.

Mais tous les végétaux ne contiennent pas en proportions égales les principes assimilables, tous ne les présentent pas sous un état qui permette aux organes digestifs de les isoler et de les modifier, tous ne les possèdent pas séparés d'éléments nuisibles ou délétères. Les uns contiennent une si faible quantité de principes nutritifs, qu'ils sont peu propres à l'alimentation ; les autres, au contraire, conviennent parfaitement à cette destination ; tels d'entre eux, comme la plupart des végétaux herbacés, renferment abondamment ces principes dans toutes leurs parties ; tels autres donnent ou leurs racines ou leurs tiges, leur écorce, leurs feuilles, leur séve, leurs fruits. Il en est qui servent, à la fois, à la nourritnre d'un grand nombre d'animaux différents, et d'autres qui ne fournissent des aliments qu'à certains d'entre eux, aux mammifères, aux oiseaux, aux mollusques, aux insectes, etc. Ces variétés dans les propriétés nutritives des végétaux et de leurs parties constituantes, sont immenses pour se mettre en harmonie avec les besoins si diversifiés des animaux : elles ont ceci de remarquable, que telle plante ou telle partie de la plante qui ne convient pas à une espèce, est recherchée par une autre, et que les végétaux qui peuvent tuer les grands herbivores, deviennent la proie habituelle de certains insectes.

Les parties aériennes des plantes, c'est-à-dire les tiges, les feuilles et les fleurs, sont, en général, les plus nutritives, à partir du moment où la végétation est assez avancée jusqu'à l'époque de la floraison, parce que alors leurs principes nutritifs ne

se sont point encore fixés dans les organes de la fructification et que les parties où ils sont disséminés conservent une molle consistance. Avant cette époque, la plante herbacée est trop aqueuse; après, elle est trop dure et se trouve privée des sucs qui sont venus concourir au développement des fruits ou des semences. Les tiges des plantes ligneuses sont nutritives aussi dans leur jeune âge, et leurs feuilles à toutes les périodes de la végétation.

Les racines, lorsqu'elles sont molles et succulentes, peuvent convenir à beaucoup d'animaux; elles contribuent, pour une grande part, à l'alimentation de certaines espèces sauvages, le porc, le sanglier, le tapir, l'hippopotame et elles deviennent, sous l'influence de la culture, un aliment précieux pour l'homme et les animaux domestiques.

Les fruits mous et pulpeux, les fruits secs, leur péricarpe, leur amande, leurs graines, habituellement très riches en principes mucilagineux, sucrés, féculents, oléagineux et quelquefois azotés, deviennent l'aliment de beaucoup de mammifères, d'oiseaux et d'insectes.

Enfin, certaines parties peu nutritives, comme l'écorce des tiges et des racines, peuvent servir à la nourriture du castor, de certains rongeurs et de divers insectes; le tissu ligneux lui-même, après avoir éprouvé un commencement de décomposition, devient la proie d'une infinité de ces derniers animaux.

Les tissus animaux et le sang constituent un aliment pour un très grand nombre d'espèces. Le sang, qui renferme, à lui seul, les principes nécessaires à la composition des fluides et des solides organiques, est un aliment par excellence, puis le muscle, le tissu des viscères, des glandes, celui de la peau, des membranes muqueuses, des parties blanches et des os eux-mêmes : il n'est pas jusqu'aux productions pileuses et épidermiques qui ne puissent servir à la nourriture de quelques espèces. Toutes ces matières animales, généralement plus nutritives que les parties alimentaires des plantes, ont une composition plus variée que ces dernières et peuvent être plus vite qu'elles transformées en fluides assimilables : elles servent à l'entretien d'un grand nombre d'espèces, à tous les degrés du règne animal.

Les matières minérales fournissent aux animaux des principes indispensables à leur entretien. Mais elles ne sont pas habituellement ingérées seules dans les voies digestives; elles pénètrent dans l'économie avec les substances organiques végétales ou animales et avec les boissons. Aussi, est-ce à cause de cela que l'esprit se refuse, de prime abord, à les considérer comme de véritables matières alimentaires. Parmi elles, l'eau, le sel marin, divers sels de chaux, de potasse, les oxydes de fer, doivent, de toute nécessité, se trouver dans la composition des aliments, car elles font partie intégrante du sang, de la lymphe, des produits de sécrétion, des os et des divers tissus.

Quelle que soit leur origine, les aliments ont une composition élémentaire qui a pour tous des caractères communs assez bien déterminés par les travaux de la chimie moderne.

Les aliments végétaux, qui semblent avoir une composition peu compliquée et très différente de celle des aliments tirés du règne animal, ont pourtant leurs tissus formés par des principes très variés et presque identiques à ceux qui constituent le sang et les tissus animaux.

D'abord, la composition des substances végétales est très variée. Elle comprend des principes azotés, gluten, albumine, caséine, légumine; des principes neutres,

la fécule, le sucre, le glucose, les gommes, la pectine, le ligneux, la cellulose; des matières grasses, la cire, les huiles décomposables en glycérine, acide oléique, stéarique, etc.; des huiles essentielles, telles que celles du citron, du genièvre, du girofle, du persil, de la cannelle, puis des résines, de la chlorophylle, des matières colorantes; des acides oxalique, acétique, tartrique, citrique, des alcalis végétaux fort nombreux, des oxydes de fer, de manganèse, de la silice, de la magnésie, des carbonates de chaux et de potasse, des sulfates de la même base, des phosphates calciques, des silicates, des chlorures, etc.

Les fruits, les graines, les racines charnues notamment, ont une composition très compliquée. On a trouvé, par exemple, dans la betterave, vingt substances différentes, du sucre, de l'albumine, de la pectine, du mucilage, une matière azotée soluble, de la cire, un acide gras, du ligneux, de l'oxyde de fer, du nitrate de potasse et sept ou huit autres sels. Le topinambour, la pomme de terre, ont une composition presque aussi variée. Les grains des céréales, les graines des légumineuses sont remarquables par la proportion de fécule, de principes azotés ou protéiques qu'elles renferment et auxquels elles doivent leurs qualités si éminemment nutritives.

Les tiges des plantes herbacées et les foins eux-mêmes, qui forment presque exclusivement la nourriture de nos grandes espèces domestiques, renferment de l'albumine, de la caséine, de la légumine, de l'amidon, du sucre, des matières grasses, des phosphates, des carbonates alcalins, etc.

Il n'est donc pas étonnant qu'avec une telle composition, les plantes puissent fournir aux herbivores tous les matériaux nécessaires à la nutrition.

Les principes qui entrent dans la composition des substances animales ne sont pas plus diversifiés que ceux des substances végétales, mais certains d'entre eux, notamment les principes azotés, s'y trouvent en plus forte proportion. La fibrine, l'albumine, la gélatine, les graisses y dominent, puis la chondrine, l'osmazome, la créatine, quelques acides, des matières colorantes, les oxydes ou les sels qui se trouvaient déjà dans les plantes.

Il est facile, en comparant les aliments tirés des deux règnes, de voir l'analogie de composition qui existe entre les matières végétales et les substances animales, analogie féconde par le jour qu'elle jette sur les actions digestives et les transformations qui s'opèrent dans les organes : sa démonstration dissipe en grande partie l'obscurité qui planait naguère sur les principaux phénomènes des fonctions nutritives.

Les sucs végétaux obtenus par expression des graines des céréales, des légumineuses, des tiges, des racines et des feuilles de la plupart des plantes, contiennent généralement trois substances essentiellement nutritives. L'une, qui est en dissolution dans les fluides qui imprègnent le tissu végétal, peut s'en séparer spontanément, prendre une teinte grisâtre, dès qu'elle est isolée des matières colorantes, et devenir insoluble dans l'eau : c'est la fibrine végétale dont la mixtion avec un principe visqueux constitue ce qu'on appelle le *gluten*. La seconde, très abondante dans les tiges succulentes de beaucoup de plantes, les racines comestibles des crucifères, les graines de diverses espèces, se coagule par la chaleur et prend tous les caractères du blanc d'œuf, c'est évidemment l'albumine. Enfin, la troisième, contenue en proportion considérable dans les légumineuses, reste fluide sous l'influence de la chaleur, mais se coagule, de même que le lait, par l'action des acides : on lui donne le nom

de *caséine*. Ces trois principes universellement répandus dans les plantes, sont associés à des quantités déterminées de phosphore, de soufre, d'oxydes alcalins et métalliques : ils fournissent aux herbivores les matériaux essentiels de la composition du sang et des solides organiques.

Tant que l'on a ignoré cette composition des substances végétales, on a pensé que les herbivores devaient, aux dépens de ces dernières, faire de la fibrine, de l'albumine, et l'on ne pouvait savoir d'où venait l'azote qui fait partie du chyle, du sang et de tous les tissus. Mais depuis que l'on a trouvé cette fibrine, cette albumine dans les matières végétales, sous une forme peu différente de celles qui leur appartiennent dans les solides animaux, les difficultés se sont bien aplanies ; elles se sont même presque évanouies lorsque les analyses ont démontré que les principes azotés des plantes ont une composition élémentaire, identique à ceux du sang et des tissus animaux, comme l'indiquent les chiffres suivants, empruntés aux travaux de M. Dumas.

	FIBRINE		ALBUMINE		CASÉINE	
	ANIMALE.	VÉGÉTALE.	ANIMALE.	VÉGÉTALE.	ANIMALE.	VÉGÉTALE.
Carbone. . . .	52,8	53,2	53,5	53,7	53,5	53,5
Hydrogène. . .	7,0	7,0	7,1	7,1	7,0	7,1
Oxygène. . . .	23,7	23,3	23,6	23,5	23,7	23,4
Azote.	16,5	16,5	15,8	15,7	15,8	16,0
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

D'après ces résultats, il est évident, d'une part, que les herbivores trouvent tout formés dans leurs aliments les principes azotés indispensables à leur entretien et à leur accroissement, et d'autre part, qu'ils n'ont plus, pour se les assimiler, qu'à les modifier très légèrement, surtout sous le rapport de la forme et des propriétés physiques. De plus, il devient à peu près certain que l'une quelconque de ces trois substances peut, à elle seule, former les autres, sans qu'elle ait besoin de changer de composition élémentaire. Ce sont là, au reste, des données sur lesquelles il faudra revenir pour comprendre les phénomènes intimes des actions nutritives.

L'animal qui vit de substances végétales n'est donc herbivore que de nom ; il se nourrit en réalité de chair, comme le fait le carnassier, mais de chair végétale emprisonnée dans une gangue celluleuse, dans un tissu ligneux et associée à une foule d'autres principes qui, sans être aussi importants, ne sont pas moins nécessaires que les premiers. Tous ces principes azotés, une fois dégagés, subissent, dans les voies digestives, les modifications que la chair éprouve dans celles du carnassier. Les mutations digestives, en apparence si différentes dans les deux groupes d'animaux, doivent donc offrir une analogie que l'on serait loin de soupçonner de prime abord.

Ces principes, qu'un savant chimiste a appelés *protéiques*, ne suffisent point à l'alimentation de l'herbivore; ils sont en trop faible proportion dans certaines parties des plantes pour fournir à l'organisme tous les éléments de la nutrition. Aussi se trouvent-ils associés à d'autres substances, telles que le sucre, les gommes, la fécule, les matières grasses, dont le rôle serait plus spécialement, d'après les idées de M. Liébig, en rapport avec les fonctions respiratoires. En somme, l'aliment de l'herbivore, pour donner tous les matériaux nécessaires à l'entretien de la vie, doit avoir une composition fort complexe; il faut qu'il contienne, ainsi que l'établissent si clairement les recherches de M. Boussingault : 1° une substance azotée, telle que la fibrine, le gluten, la caséine; 2° une matière grasse; 3° une substance ternaire, comme la fécule, le sucre, les gommes; 4° enfin, des sels, notamment des phosphates calcaires, magnésiens, ferriques, des sels de soude et de potasse. Cette proposition trouve sa preuve dans le tableau suivant (1).

TABLEAU *de la constitution des substances végétales alimentaires.*

DÉSIGNATION.	Eau.	Phosphates et autres sels.	Ligneux et cellulose.	Matières grasses.	Amidon, sucre ou analogues.	Albumine, légumine, caséine.	Azote.	Équivalents nutritifs déduits de l'azote.
Foin de prairie.	13,0	7,6	24,4	3,80	44,4	7,2	1,15	100
Regain de foin.	14,1	8,0	21,5	3,50	40,5	12,4	1,98	58
Trèfle rouge en fleur, fané . .	20,0	5,0	22,0	3,20	39,2	10,6	1,70	67
Trèfle rouge en fleur, vert. . .	77,0	1,4	6,3	0,90	11,3	3,1	0,50	230
Paille de froment	26,0	5,1	28,9	2,20	35,9	1,9	0,30	383
Paille de seigle	18,6	3,0	32,4	1,50	43,0	1,5	0,24	479
Paille d'avoine.	21,0	3,6	30,0	5,10	38,4	1,9	0,30	383
Paille d'orge d'hiver.	14,2	4,	34,4	1,70	43,8	1,9	0,30	383
Betterave champêtre.	87,8	0,7	2,2	0,10	7,9	1,3	0,21	548
Betterave blanche (Silésie). . .	84,0	0,6	2,0	0,10	11,7	1,6	0,25	462
Carotte.	87,6	0,6	0,7	0,20	9,0	1,9	0,30	383
Pomme de terre jaune.	75,9	0,8	0,4	0,20	20,2	2,5	0,40	287
Pomme de terre rouge.	70,0	0,9	0,6	0,20	25,2	3,1	0,50	230
Topinambour.	79,2	1,1	1,2	0,30	16,1	2,1	0,33	348
Navets blancs.	92,5	0,5	0,3	0,20	5,7	0,8	0,13	884
Choux pommés.	90,1	0,8	0,6	0,90	5,3	2,3	0,37	311
Blé rouge.	14,5	2,0	2,1	1,50	67,6	12,3	1,97	58
Balles de froment.	11,5	9,3	20,3	1,40	52,3	5,2	0,83	139
Seigle.	16,6	1,9	3,0	2,00	67,6	8,9	1,42	81
Maïs	17,0	1,1	1,5	7,01	61,9	12,5	2,00	58
Avoine	14,0	3,9	4,1	5,50	61,5	11,9	1,90	61
Riz.	14,6	0,5	0,9	0,50	76,0	7,5	1,20	96
Sarrasin.	13,0	2,5	3,5	3,90	64,0	13,1	2,00	58
Fèves de marais.	16,0	3,6	3,0	1,50	51,5	24,4	3,90	29
Haricots blancs	15,0	3,5	2,8	3,00	48,8	26,9	4,30	27
Pois jaunes.	8,9	2,0	3,6	2,00	59,6	23,9	3,83	30
Lentilles	12,5	2,2	2,1	2,50	55,7	25,0	4,00	29
Glands secs décortiqués	20,0	1,6	4,6	4,30	64,5	5,0	0,80	144
Tourteaux de colza.	10,5	7,7	9,4	10,00	32,5	30,7	4,92	23
Tourteaux de faîne.	10,0	6,8	50,6	1,00	6,4	16,8	2,69	43

(1) Boussingault, *Économie rurale*, 2e édition, t. II, p. 356.

La complexité de composition des substances végétales alimentaires est indispensable à l'entretien régulier de l'organisme. Il faut de la fibrine, de l'albumine et d'autres principes azotés pour la reconstitution du sang, le développement du système musculaire; du sucre, de la fécule, des gommes pour la respiration et la production de la chaleur animale; des matières grasses pour le tissu adipeux et la sécrétion du lait; enfin, il faut toutes ces matières, ou la plupart d'entre elles, pour divers usages, et notamment la formation des produits de sécrétion. Si les premiers principes existaient seuls dans les aliments, ils viendraient se brûler en partie sous l'influence de la respiration et se trouveraient plus ou moins distraits de leur destination principale, d'où la nécessité des seconds pour les phénomènes de combustion opérés dans les poumons ou au sein des tissus. De même, si les graisses n'étaient pas associées aux précédents, elles brûleraient elles-mêmes et ne pourraient, par conséquent, servir ni à l'engraissement, ni à la sécrétion du lait. Enfin, si les substances salines ou minérales n'existaient en assez grande quantité dans l'aliment, le système osseux ne pourrait se développer; l'os privé de ses éléments solides deviendrait cassant, ainsi que le démontrent les expériences de M. Chossat. D'ailleurs, les jeunes animaux resteraient rachitiques, les femelles pleines ne pourraient suffire à l'ossification du squelette des petits qu'elles portent, si ces matières minérales venaient à leur manquer. Mais elles s'y trouvent en quantité généralement suffisante. M. Boussingault a vu, par exemple, qu'un veau à la mamelle reçoit journellement 52 grammes de substances minérales par le lait de sa mère; qu'un veau de six mois peut trouver dans son fourrage une quantité d'acide phosphorique répondant à 36 grammes de sous-phosphate calcaire; qu'enfin, un cheval nourri au foin et à l'avoine, pourrait puiser dans ces aliments 168 grammes tant de phosphate calcaire que de chaux libre. L'habile chimiste soupçonne, même d'après ces données, que l'habitude que certains animaux prennent de manger de la terre tient à un besoin dérivé de l'insuffisance des substances salines dans les aliments, usage assez fréquent chez certaines peuplades indiennes nourries avec du maïs qui est très pauvre en substances inorganiques.

La connaissance de ces principes peut incontestablement servir de guide dans le choix des aliments que l'on associe pour former la ration des herbivores; elle permet de formuler théoriquement des règles très simples dont l'application vérifie tous les jours l'exactitude. Dès l'instant que l'analyse démontre, dans une substance riche en principes azotés, le manque de matières grasses, on voit la nécessité d'associer cette substance à celles qui renferment une certaine proportion d'éléments combustibles; de même, lorsqu'elle indique dans un aliment la prédominance du sucre, des gommes et de la fécule, elle apprend qu'il convient d'unir ce dernier aux matières riches en principes protéiques.

La composition des aliments une fois connue, il devient facile de déterminer, d'une manière sinon exacte, du moins très approximative, la valeur nutritive qu'ils possèdent. Pour arriver à ce résultat important, les agronomes et les chimistes ont employé divers moyens. Les uns se sont contentés de l'expérimentation directe ou de l'appréciation simple des effets de telle substance comparée à telle autre; les autres ont apprécié la quantité de fécule, de sucre et de gluten que les substances végétales renferment; enfin, il en est qui, avec M. Boussingault, se bornent à doser

l'azote dont la quantité paraît proportionnelle à la faculté nutritive des substances alimentaires.

La détermination quantitative de l'azote des aliments donnant, à elle seule, la proportion de fibrine, d'albumine et de caséine qu'ils contiennent, doit être un moyen passablement exact, puisque les principes dont il exprime la quantité, sont les plus essentiels à la nutrition ; les autres, tels que le sucre, les gommes, la fécule, étant presque toujours en excès, suivant la remarque d'un savant chimiste, leur proportion rigoureuse ne saurait avoir une aussi grande importance.

La détermination des équivalents, c'est-à-dire la fixation de la quantité de tels ou tels aliments nécessaires pour remplacer celle d'un aliment pris pour terme de comparaison, ressort évidemment de la connaissance de la valeur nutritive : les deux choses, au point de vue théorique, ne sont point séparables ; elles resteraient encore réellement liées l'une à l'autre si tous les aliments perdaient, sous l'influence des actions digestives, une somme de principes nutritifs proportionnelle à celle qu'ils contiennent.

Mais la faculté nutritive des matières alimentaires ne saurait être exactement déterminée, même lorsqu'elle est déduite de leur composition.

D'abord, cette faculté éprouve des variations absolues qui dépendent des plantes elles-mêmes, du sol où elles ont végété, des saisons pendant lesquelles elles ont dû se développer, de leur mode de récolte et de l'intégrité de leur conservation. Ensuite, elle n'est pas susceptible d'être appréciée avec une rigueur constante, par les divers moyens proposés : les uns approchant plus que d'autres des chiffres qui expriment sa valeur réelle.

D'une part, les substances nutritives sont-elles associées dans les proportions qui conviennent le mieux aux besoins des organes ? L'une ne contient-elle pas trop de sucre, une autre trop de fécule, une autre encore trop peu de fibrine ou de matières grasses ? D'autre part, toutes ces substances sont-elles emprisonnées dans une gangue également perméable et dont elles se dégagent avec une facilité toujours semblable ? La fécule, le tissu poreux d'une tige herbacée, la trame molle d'une racine charnue, n'est-elle pas plus complétement accessible aux sucs digestifs que le fourrage desséché, les tiges ligneuses, les pailles de nos graminées ?

De ce que le chimiste tire, avec le secours de divers réactifs, aidés de la division, de la macération et de la coction, tous les éléments nutritifs de l'aliment, faut-il en conclure que l'animal puisse, avec le secours de ses fluides intestinaux, et en quelques heures, extraire tout ce qu'ont pu parvenir à isoler les longues manipulations de l'expérimentateur ? Non sans doute. Une partie des matériaux qui seraient complétement assimilables, s'ils étaient libres et dégagés, devient réfractaire à l'action des dissolvants organiques, échappe aux actions digestives, et par conséquent, se trouve complétement perdue.

D'ailleurs, ce qui s'applique à une espèce animale ne saurait être en rapport avec toutes les autres. Un aliment végétal qui fournira le maximum de ses principes assimilables à un ruminant qui le divise parfaitement et le fait séjourner longtemps dans son appareil gastro-intestinal compliqué, en cédera beaucoup moins au solipède pour des raisons diamétralement opposées. Ce même aliment peut être plus nutritif pour un animal dont l'appareil masticateur fonctionne bien, que pour celui

dont les mâchoires ne portent que des dents usées ou non encore complétement sorties ; il peut convenir mieux à une bête de travail, qui a besoin de force, de sang et de chaleur, qu'à un animal obèse, ou à une vache entretenue exclusivement pour la production du lait.

Si, donc, les proportions relatives de principes azotés, de matières sucrées, féculentes, de corps gras et de sels, sont à prendre en considération, ainsi que leur quantité totale pour la détermination de la valeur nutritive des aliments, la digestibilité, sur laquelle nous reviendrons plus tard, mérite d'être mise en ligne de compte, si l'on veut arriver à des résultats sensiblement rapprochés de la vérité.

D'après tout cela, on pourrait, sans craindre l'erreur, déduire théoriquement qu'un seul principe immédiat, fût-il le plus nutritif et le plus abondant de tous, ne saurait suffire à l'entretien de l'économie, puisqu'il ne renferme pas tous les matériaux nécessaires à la constitution du sang et des humeurs. Or, l'expérience démontre, avec la dernière évidence, que cette déduction est exacte, et elle réduit singulièrement les limites de la puissance créatrice attribuée autrefois à l'organisme animal.

M. Magendie (1) a vu, en effet, que des animaux soumis au régime exclusif d'une substance non azotée, telle que le sucre, la gomme, l'huile d'olives, le beurre, ne pouvaient vivre au delà d'un temps très limité, et mouraient dans le marasme, comme s'ils eussent été totalement privés de nourriture. Un petit chien assez gras ne reçut, pour tout aliment, que du sucre très pur et de l'eau distillée. Les sept ou huit premiers jours il mangea avec avidité et but comme de coutume. L'amaigrissement commença dès la deuxième semaine et fit bientôt de rapides progrès, quoique l'animal conservât son appétit. Plus tard les forces diminuèrent très sensiblement et l'appétit devint moins vif que dans le principe. A la troisième semaine, on vit se former, sur un œil, puis sur l'autre, une ulcération dont les progrès furent tels, que la cornée se perfora et que les humeurs de l'organe s'écoulèrent au dehors. Enfin, la faiblesse devint extrême, et le carnivore périt le trente-deuxième jour de l'expérience. A l'autopsie, on put constater la disparition de la graisse, l'atrophie du système musculaire, le resserrement de l'estomac et des intestins. L'urine était alcaline, privée d'acide urique et de phosphates; ce fluide, ainsi que la bile, présentait les caractères propres à l'urine et à la bile des herbivores.

Un second et un troisième chien, soumis au même régime, en éprouvèrent les mêmes effets. Ils perdirent insensiblement l'appétit, tombèrent dans un état de prostration et de marasme graduellement croissants, eurent les cornées ulcérées et moururent au bout d'une période à peu près égale à celle de la première expérience.

Deux autres chiens, nourris avec de l'huile d'olives et de l'eau distillée, conservèrent leur appétit et ne maigrirent pas sensiblement pendant les quinze premiers jours; puis ils s'affaiblirent, tombèrent dans le marasme, sans cependant présenter d'ulcération à la cornée, et périrent vers le trente-sixième jour de ce régime.

D'autres animaux de la même espèce furent entretenus, soit avec de la gomme, soit avec du beurre ; ils présentèrent les mêmes phénomènes que les précédents et ne survécurent pas au delà du trente-sixième jour après le commencement de l'ex-

(1) *Précis élémentaire de physiologie*, t. II, p. 499 et suiv.

périence. Le cadavre se trouvait dans le même état que celui des premiers ; la bile et l'urine avaient également les caractères de celles des herbivores.

On avait objecté à M. Magendie que les animaux choisis pour ses expériences étant carnivores, avaient été soumis à un régime contraire à leur genre de vie. MM. Tiedemann et Gmelin (1) répétèrent sur des animaux qui vivent de substances végétales les tentatives instituées par le savant physiologiste. Une oie nourrie à la gomme arabique et à l'eau perdit bientôt l'appétit, devint extrêmement faible, éprouva une diarrhée persistante, et mourut au bout de seize jours, après avoir perdu plus du sixième de son poids initial. Un second palmipède de la même espèce, entretenu avec du sucre et de l'eau, éprouva une soif ardente, s'affaiblit très vite et mourut le vingt-deuxième jour après avoir perdu le tiers de son poids. Une troisième oie soumise au régime de l'amidon sec, et une quatrième à celui de l'amidon cuit, périrent, la première, au bout de vingt-sept jours, après avoir perdu plus du quart de son poids, et la dernière, au bout de quarante-quatre, après une diminution d'environ un cinquième de son poids primitif.

On pourrait croire que, dans ces circonstances, la mort tient à ce que les substances prises pour nourriture ne sont point digérées ; il n'en est rien : les expérimentateurs que je viens de citer ont reconnu par l'état des chylifères et la composition des excréments, que les substances cédaient, sinon en totalité, du moins en grande partie, à l'action des forces digestives.

Il est donc certain, d'une part, que les substances non azotées ne peuvent servir seules à l'entretien de la vie, et il ne l'est pas moins, d'autre part, que cette propriété négative ne saurait être attribuée à leur non-digestibilité. En est-il de même des substances qui contiennent de l'azote au nombre de leurs éléments constitutifs?

Les nombreuses expériences tentées au sujet de la valeur nutritive supposée à la gélatine ont appris que les principes azotés, qui rendent les aliments si aptes à l'entretien de la vie, sont, par eux-mêmes, pris isolément, incapables de nourrir les animaux pendant longtemps. La commission académique chargée de fixer les esprits sur les propriétés réelles d'une substance alimentaire dont l'usage s'était déjà très répandu, a constaté que les chiens auxquels on donne exclusivement de la gélatine, préparée par les moyens industriels, la refusent bientôt et se laissent mourir de faim plutôt que d'en continuer l'usage. Elle a vu que ces animaux nourris, même avec la gelée obtenue par les moyens ordinaires, la mangent avidement les premiers jours, puis la refusent bientôt et périssent d'inanition au bout d'une vingtaine de jours ; ils ne dépassent point deux à trois mois, quoiqu'on ajoute à cet aliment, soit une petite quantité de pain et de viande, soit même les deux associés ensemble dans de faibles proportions. La fibrine donnée seule aux chiens, à la dose de 500 à 1000 grammes par jour, les laisse maigrir rapidement et mourir du soixantième au quatre-vingtième jour. L'albumine liquide ou coagulée dégoûte encore plus vite les animaux et ne prolonge pas leur existence aussi longtemps que l'usage de la fibrine. Le gluten seul a paru jouir du privilége exceptionnel d'entretenir les chiens, sans qu'il fût mêlé à d'autres principes alimentaires. Enfin, la fibrine, l'albumine et

(1) *Recherches expérimentales physiologiques et chimiques sur la digestion considérée dans les quatre classes de vertébrés*, Paris, 1827, t. II, p. 212.

la gélatine mêlées ensemble déterminent les mêmes effets que l'une des trois substances donnée isolément : leur usage combiné ne prolonge pas la vie au delà du quatrième mois de l'expérience.

Ces résultats démontrent donc qu'une substance simple, facile à digérer, azotée ou non azotée, est insuffisante à l'entretien de l'économie au delà d'une période fort restreinte, et que même des substances contenant de l'azote, associées deux à deux ou en plus grand nombre, ne peuvent fournir les éléments nécessaires à la vie au delà de trois à quatre mois. En présence de ces données expérimentales dont l'exactitude est incontestable, comment concevoir qu'un seul aliment, soit le lait, soit la chair, soit le fourrage, suffise à tous les besoins de la nutrition d'un animal?

Ici, les choses changent d'aspect : dans le sang que suce le carnassier, dans la chair qu'il dévore, dans la poignée de foin dont se contente l'herbivore, dans le grain qui alimente exclusivement certains oiseaux, dans le lait qui fournit aux jeunes mammifères tous les matériaux d'un accroissement rapide, se trouvent associés bien des principes différents.

En effet, dans le lait, par exemple, le chimiste nous montre la caséine, identique par sa composition avec la fibrine et les autres principes azotés, puis le sucre, la graisse et des substances minérales diverses. Or, la caséine fournit les éléments de la nutrition du système musculaire et des divers tissus; le sucre, la graisse donnent les matériaux de la combustion respiratoire ; enfin, les sels, le soufre, le phosphore offrent au squelette les éléments de l'ossification. Dans le morceau de chair qui suffit au carnassier, n'y a-t-il pas de la fibrine, de l'albumine, de l'osmazôme, de la créatine et les matières inorganiques des substances appelées *protéiques?* Dans le grain des céréales, le blé, le maïs, par exemple, n'y a-t-il pas le gluten, la fécule, le sucre, les matières grasses? Enfin, dans le foin lui-même, ne trouve-t-on pas vingt plantes différentes, avec leurs tiges, leurs feuilles, leurs graines renfermant cette fibrine végétale, ce sucre, cette fécule, ces matières minérales, ces corps gras qui forment la plus grande partie du fruit des plantes essentiellement alimentaires? Il n'est donc pas étonnant qu'un aliment complexe, tel que la nature le prépare, puisse, à lui seul, fournir aux animaux tous les matériaux de leur entretien.

Cependant, l'observation démontre, et la théorie indique, que l'association des diverses substances alimentaires, déjà complexes, est éminemment favorable à la nutrition, tant par l'influence salutaire qu'elle exerce sur l'activité des fonctions digestives que par la variété des matériaux qu'elle offre à la reconstitution du sang et des tissus. Mais cette association, qu'il faut toujours chercher à obtenir en vue des avantages qu'elle offre sous le rapport de l'économie domestique, n'est point d'une indispensable nécessité, bien que certaines expériences semblent prouver le contraire.

En effet, si les physiologistes ont vu des chiens ne pas survivre plus de cinquante jours à l'usage exclusif du pain et de l'eau, des lapins périr d'inanition lorsqu'on les nourrissait exclusivement, les uns avec des choux, les autres avec de l'orge, d'autres encore avec des pommes de terre, un âne périr quinze jours après avoir été soumis au régime exclusif du riz cuit, etc., bien des observateurs ont pu s'assurer qu'en maintes circonstances les choses ne se passent point ainsi. Qui ne sait, par exemple, qu'une foule d'oiseaux sont entretenus exclusivement avec des grains et une seule espèce de grain; que le poulet en cage vit très bien et s'engraisse à

merveille avec du blé ; l'oie et le canard avec la farine de maïs délayée ? Qui n'a vu, dans les fermes, des grands ruminants entretenus pendant toute la mauvaise saison avec de la paille, sans recevoir en plus un seul brin de foin ou une pelure de pomme de terre ?

Concluons donc qu'un seul principe immédiat et que même plusieurs principes du même genre pris collectivement, ne peuvent entretenir les animaux, mais qu'un aliment simple dans lequel divers principes se trouvent associés par la nature comme ils le sont dans le sang, la chair, les grains, le foin ou la paille, suffit à l'entretien normal de l'organisme.

II. DU RÉGIME.

Ce titre dont l'acception est variable, s'applique, en physiologie et en histoire naturelle, au mode d'alimentation propre à chaque animal ou à chaque groupe d'animaux.

Tous les animaux vivent de matières organiques associées à des éléments solides, terreux, métalliques, matières provenant, soit du règne végétal ou du règne animal, soit des deux en même temps. De là, cette distinction établie entre les carnivores, les herbivores et les omnivores.

Dans chacun de ces trois groupes on peut établir un grand nombre de subdivisions. Ainsi, parmi les carnivores, il est des espèces qui vivent de proie vivante, d'autres de proie morte et en décomposition, quelques unes, ou d'oiseaux, ou de vers, d'insectes, etc. Parmi les herbivores, il est des espèces qui mangent exclusivement, soit de l'herbe, soit des grains, soit des feuilles ou des racines. Rien n'est plus intéressant que l'examen de ces variétés de régime.

Le mode d'alimentation propre à chaque espèce n'est point arbitrairement réglé, ni subordonné à des habitudes ou à des goûts factices ; il est intimement lié à l'organisation de l'appareil digestif de chaque espèce, et impérieusement commandé par cette organisation ; il est en rapport avec le caractère, les instincts, les mœurs, les habitudes de l'animal et l'usage qu'il peut faire de ses moyens d'attaque et de défense.

Les carnivores, notamment ceux qui font partie de la classe des mammifères, ont une organisation fort remarquable. Ces derniers ont les incisives tranchantes, les crochets allongés et aigus, les molaires garnies de pointes ; leurs mâchoires sont courtes, leurs masséters, leurs crotaphites énormes, logés dans des fosses temporales profondes et attachés à des arcades zygomatiques fortement arquées. Ils ont un œsophage très dilatable, un estomac ample, un intestin court, sans renflement, avec un cœcum très petit ou nul. Leurs pieds sont divisés, et munis de griffes plus ou moins acérées. Ils sont bien organisés pour découvrir leur proie, soit à l'aide d'une vue perçante, d'un odorat exquis ou d'une ouïe délicate ; ils ne manquent ni d'agilité pour la poursuivre, ni de ruse pour la surprendre, ni de force pour la terrasser, ni de férocité pour la déchirer et se repaître de ses dépouilles. Leurs mâchoires sont assez solides pour briser les os, et leur suc gastrique assez énergique pour les digérer. Tels sont le lion, le tigre, le jaguar et tous les chats, la fouine, la belette, etc.

Ceux de ces carnassiers qui vivent de proie animée sont d'une extrême férocité :

les autres qui se contentent de proie morte, soit habituellement, soit lorsque la première leur manque, sont peu courageux, et même quelquefois très lâches, comme le vautour. Ils ont chacun une victime de prédilection et des instincts particuliers pour s'en emparer. Presque tous se livrent seuls à la recherche de leur proie ; quelques uns cependant se réunissent alors en troupes plus ou moins nombreuses ; il en est qui veulent vaincre leur proie à la course, d'autres la surprendre dans sa retraite ou sur son passage ; tels vont pêcher sur le bord des eaux, tels autres fouir la terre, certains d'entre eux déchirent leur victime toute palpitante et la dévorent tout entière, ou la dépouillent avant de la dévorer, comme le font à l'égard des phoques les chiens sauvages de l'Amérique ; d'autres lui sucent d'abord le sang et lui laissent ensuite éprouver un commencement de décomposition ; d'autres encore en cachent les débris pour la faim à venir. A chacune de ces modifications du régime correspondent des modifications dans les instincts et des particularités dans l'organisation. Ainsi la taupe, le hérisson, la chauve-souris, dont les dents trop aiguës et les mâchoires déliées se prêteraient peu à déchirer la chair, font seulement la guerre aux insectes, et si le hérisson, réduit en captivité, ne trouve pour nourriture que de la chair, il lui arrive souvent d'être étouffé par les morceaux qu'il n'a pas pu suffisamment déchirer. Les diverses espèces d'oiseaux dont le régime est animal, ont chacune une forme spéciale du bec en rapport avec leur manière de saisir leur nourriture.

Il est fort remarquable que les animaux les plus carnassiers ne cherchent jamais pour victimes les individus de leur espèce, et que, généralement, ils se nourrissent seulement d'animaux herbivores ou omnivores. Cependant, il paraît exister à cette règle plusieurs exceptions plus ou moins significatives dont quelques unes sont à la vérité fort contestables. Pline dit que les cygnes se mangent entre eux, et Aristote prétend que plusieurs poissons, notamment les congres, en font autant. Réaumur cite le canard qui dévore avidement la chair des animaux de son espèce; Spallanzani a vu le chien manger une partie de l'estomac d'un autre chien, et il cite les corneilles comme se mangeant réciproquement. Buffon dit que le loup use de la chair du loup et que les rats se tuent entre eux pour se dévorer, en commençant par le cerveau, observation fort exacte que j'ai eu l'occasion de vérifier. Tout le monde sait que la truie mange parfois ses petits. Mais généralement, le carnivore ne fait point la guerre à son espèce et refuse de dévorer ses dépouilles. L'animal le plus affamé ne touche point à son semblable mort ou tué ; le porc, habitué à se nourrir de chair, ne veut point de celle d'un autre porc, et le chien témoigne une sorte d'aversion pour celle du chien. Il y a plus : on ne voit guère parmi les mammifères de carnassiers faire leur proie d'autres carnassiers d'espèces différentes. Pourtant Buffon dit que le lynx mange le chat sauvage, les martres, l'hermine, en même temps que le lièvre et le chevreuil. On conçoit très bien que, dans les vues de la nature, l'animal qui vit de chair respecte son espèce ; mais on ne s'explique guère pourquoi il ne s'attaque point aux animaux qui ont un régime semblable au sien.

Les herbivores, et ici nous étendons cette dénomination à toutes les espèces qui vivent exclusivement de matières végétales, sont, par leur organisation et leurs instincts, très différents des carnassiers. Ils ont généralement des molaires à couronne plate ou tuberculeuse, des mâchoires moins fortes que celles des animaux qui se nourrissent de chair, un estomac plus ample, un intestin long et souvent diverti-

enté ; ils ne possèdent ni ces sens délicats, ni ces moyens d'agression, ni ces instincts, ni ce courage, ni ces ruses diverses qui appartiennent aux premiers. Les uns se nourrissent d'herbes, ce sont les herbivores proprement dits; les autres de graines, les granivores ; et quelques uns de fruits, les frugivores.

Les grands herbivores sont les solipèdes et les ruminants ; ils vivent exclusivement d'herbes et de feuilles à l'état sauvage ; on ne les voit rechercher ni les fruits, ni les racines. Les autres, tels que l'hippopotame, le rhinocéros, l'éléphant, préfèrent les racines, mais ils mangent aussi l'herbe, et peuvent, lorsqu'ils sont réduits en servitude, s'entretenir avec des fourrages desséchés. Quelques uns, tels que le castor, aiment l'écorce des arbres ; d'autres, tels que la girafe, l'unau, l'aï, les feuilles des grands végétaux.

Ces animaux ne font pas indifféremment usage de toutes les plantes qui s'offrent sous leur dent, et, parmi celles qui sont alimentaires, ils choisissent chacun un certain nombre d'espèces. Linné (1), à la suite d'un grand nombre d'expériences, a constaté que le cheval mange 262 espèces, le bœuf 275, la brebis 387, la chèvre 449, le porc 172. Il a vu que le cheval en refuse 212, le bœuf 218, la brebis 141, la chèvre 126 et le porc 171. Mais les changements de saisons, les migrations qu'éprouvent les animaux, les circonstances diverses dans lesquelles ils se trouvent, et la nécessité les réduisent parfois à se contenter des plantes qu'ils dédaignent d'habitude. Le chevreuil, par exemple, se nourrit en hiver, d'après Buffon, de ronces, de genêts, de bruyère et de chatons de coudrier ; au printemps il vit des feuilles de presque tous les arbres, et en été des herbes les plus fines qui croissent dans les forêts. La sobriété de ces animaux leur rend les variations de régime supportables, à l'état sauvage, comme en domesticité ; le cheval arabe s'entretient avec un peu d'orge et quelques poignées de dattes, les chevaux et les mulets peuvent se contenter de maïs et de canne à sucre dans certaines parties de l'Amérique ; les chameaux kalmouchs, d'après Pallas (2), ne vivent pendant l'hiver que de roseaux et d'écorces d'arbres, les rennes des Lapons n'ont guère d'autre aliment qu'une espèce de lichen.

L'instinct qui guide ces animaux dans le choix de leur nourriture est tellement sûr qu'ils ne prennent jamais de plantes vénéneuses, à moins qu'elles ne soient mêlées à d'autres plantes, et qu'ils ne se trouvent vivement pressés par la faim. Linné dit cependant que les bestiaux de la Scanie, lorsqu'ils viennent dans des localités couvertes de forêts, y éprouvent souvent la dyssenterie, par suite de l'usage de certaines plantes, l'aconit par exemple, dont les animaux indigènes ne mangent jamais. Mais ce n'est là qu'une exception, qui pourrait s'expliquer aussi bien par le changement de régime que par l'effet d'une aberration instinctive.

Ce même instinct porte les herbivores, comme du reste la plupart des animaux, à se mettre à la recherche de leur nourriture à certaines heures de la journée. En effet, il en est qui vont prendre leur repas à différentes heures du jour, ou seulement le soir et pendant la nuit. Les naturalistes ont fait à cet égard de très nombreuses remarques. M. Roulin (3) a vu, dans les plaines de l'Amérique, que le

(1) Reimarus, ouv. cité, p. 154, t. I.
(2) *Mémoires du Muséum*, t. XVI, p. 449.
(3) Mémoire cité.

taureaux sauvages, qui viennent quelquefois paître avec les bœufs domestiques, sortent vers deux à trois heures de l'après-midi. Les lapins, d'après G. Leroy (1), quittent leurs terriers quelque temps avant le coucher du soleil, et beaucoup plus tôt lorsqu'il veut pleuvoir ; les faisans, après les récoltes, deux fois par jour, au lever du soleil et de cinq à six heures du soir, tandis qu'au mois d'octobre ils ne sortent plus qu'une seule fois, vers dix heures, pour tout le reste de la journée. Quelles que soient, du reste, les habitudes particulières à chaque espèce, on voit les animaux venir chercher leur nourriture à peu près dans les mêmes endroits, comme ils viennent aussi dans des lieux déterminés se livrer au repos et au sommeil.

Les omnivores tiennent, par leur régime comme par leur organisation et leurs instincts, des deux groupes dont nous venons de parler ; mais ils n'ont point d'habitudes ni de besoins aussi nettement caractérisés que les habitudes et les besoins des herbivores ou des carnassiers ; ils semblent se prêter aisément à un régime exclusivement végétal ou animal : on les voit frugivores, granivores ou carnassiers, suivant les circonstances. Le porc, le sanglier, le rat, les oiseaux gallinacés, plusieurs palmipèdes, une infinité de passereaux, la corneille, le corbeau, forment des types omnivores très remarquables. Plusieurs espèces appartenant à l'ordre des carnassiers, l'ours, le renard, le chien, sont encore omnivores, mais à un moindre degré que les premiers. Le porc et le sanglier vivent de racines, de glands, de vers, d'insectes et de reptiles ; ils s'habituent très bien au régime animal. Les rats et les souris, qui dévastent nos maisons, rongent tout ce qui se trouve à leur portée, s'engraissent aussi bien du produit de nos récoltes, et même des céréales en herbes, que des cadavres jetés aux voiries et des immondices des égouts. Le canard, qui met tant de constance à tamiser la vase sur le bord d'une mare ou d'un ruisseau, se contente très bien des racines écrasées ou des pâtes qu'on lui distribue dans la basse-cour. Et, parmi les mammifères qui paraissent si parfaitement organisés pour un régime animal, ne voit-on pas le renard, quand il manque de gibier, se repaître de fruits, de raisins, de miel ; l'ours se contenter souvent d'aliments semblables et de racines ; la fouine et le putois grimper sur les arbres, et notamment sur les cerisiers, pour en manger les fruits ; la loutre ronger les racines des arbres lorsqu'elle ne trouve plus de poisson ; enfin, le chien ne peut-il pas vivre, même exclusivement, de substances végétales ?

Un très grand nombre d'animaux, appartenant aux trois catégories établies d'après le mode d'alimentation, ont un goût très prononcé pour certaines substances minérales, et notamment pour le sel marin. Les herbivores sont surtout remarquables par l'avidité avec laquelle ils recherchent les matières salées. La remarque en a été faite dès la plus haute antiquité, car Aristote dit déjà que le sel est très salutaire aux brebis, et qu'il contribue à leur engraissement. Les troupeaux de bêtes bovines dépérissent dans certaines parties de l'Amérique où les fourrages et les eaux ne sont pas suffisamment salés, à moins qu'on ne mette du sel à la disposition des animaux. Le bétail de steppes distingue très bien, d'après M. Boussingault (2), les sources qui contiennent une petite quantité de sulfate de soude ou de

(1) *Lettres philosophiques*, etc., p. 251.
(2) Ouv. cit., t. II, p. 133.

sel marin. Les chameaux kalmouchs ont aussi un goût très prononcé pour le sel, et Pallas dit qu'ils s'engraissent d'autant mieux dans les steppes, qu'ils mangent plus de cette substance. Chacun sait avec quelle avidité nos herbivores lèchent les murs salpêtrés et toutes les substances salées. Divers animaux, poussés sans doute par un besoin analogue, mangent quelquefois de la terre. Pline avait fait cette observation pour le loup. Buffon a vu des porcs manger de l'argile ; tous les jours on voit des bœufs arrêtés au bout d'un sillon lécher la terre et en avaler des quantités appréciables. Aussi n'est-il pas rare de trouver des graviers dans le réseau de ces ruminants comme dans le cœcum et le côlon du cheval, graviers qui viennent souvent de la terre adhérente aux fourrages ou aux racines dont se nourrissent nos grands herbivores. Les oiseaux granivores, et même beaucoup d'autres à régime mixte, ont l'habitude d'avaler des cailloux le plus souvent siliceux, et cela autant pour favoriser la trituration des aliments que pour subvenir aux besoins de substances salines. Il y en a constamment dans le gésier de nos gallinacés, et Burdach dit même que les femelles des oiseaux de cet ordre en portent à leurs petits encore dans le nid, car il croit qu'elles font des nids. J'en ai trouvé dans le gésier de jeunes moineaux qui n'avaient point encore de plumes, et qui, par conséquent, n'avaient reçu, jusqu'alors, d'autre nourriture que celle apportée par leur mère. Le canard et le cygne en avalent également ; on trouve même le gésier de ce dernier si exclusivement rempli de graviers, que Borelli (1) avait presque pensé que le cygne se nourrissait de sable. L'autruche avale des cailloux très gros, des clous, des morceaux de fer, et, en cela, elle n'agit point par stupidité, ainsi qu'on l'a dit autrefois, mais elle cède à un instinct parfaitement approprié aux besoins de l'économie.

Bien que le régime soit réglé par l'organisation et les instincts des animaux, il est souvent possible de le modifier et même de le changer complétement. Il est très peu d'espèces dont le mode d'alimentation ne puisse être plus ou moins perverti par le fait des soins de l'homme et d'une longue habitude. Si l'on ne parvient pas à habituer le lion et le tigre au régime végétal, on y arrive pour le chat domestique ; si Spallanzani n'a pu réussir à obliger un aigle, après des jeûnes de quatre à cinq jours, à manger du pain, d'autres sont parvenus à ce résultat. Le taureau, qui manifeste tant d'horreur pour la chair, finit par en manger lorsqu'elle est cuite. On sait que les vaches d'Islande vivent en partie de poisson salé, et, je lis dans Pline, que Théophraste avait déjà rapporté le fait des bœufs qui se nourrissent de poisson dans les pays d'ichthyophages. Nous avons entretenu à l'école, pendant une huitaine de jours, un bouc avec de la chair cuite qu'il mangeait par moment sans grande répugnance. Mais, chose plus étonnante, nous possédons actuellement un petit veau de six à sept mois, qui vient spontanément manger la chair des cadavres dont on fait l'autopsie, et il en mangerait beaucoup si ses mâchoires débiles lui permettaient d'en arracher à la fois des lambeaux considérables, car un jour il dévora prestement un cœur coupé par morceaux qu'on mit à sa disposition. Le cheval, qui témoigne par un ronflement d'une expression indéfinissable l'aversion qu'il éprouve, non seulement pour la chair crue, mais encore pour la chair cuite qu'on lui présente, ne tarde pas à en manger, si on l'y habitue insen-

(1) De Réaumur (*Mémoires de l'Académie des sciences*, 1700).

siblement; quelquefois même il en mange dès la première fois qu'il en reçoit. Cependant il n'est pas rare qu'il la refuse obstinément; j'ai vu de deux chevaux à jeun auxquels on en donnait, l'un la prendre sans trop de difficulté, et l'autre se laisser mourir de faim plutôt que de suivre l'exemple de son voisin de râtelier. Les moutons de certaines parties de la Russie asiatique, s'il faut en croire Pallas, mangent les scorpions avec avidité, bien qu'ils soient venimeux, et s'en engraissent. Nos bestiaux prennent aussi sans répugnance les sauterelles qui dévastent les prairies vers la fin de l'été.

L'habitude a souvent sur le régime une influence supérieure à celle de la nécessité. Si le renard, lorsque le gibier et la volaille lui font défaut, se résigne à dévorer les rats, les lézards et même les crapauds; si le loup affamé mange des grenouilles, et Buffon en a trouvé des os dans l'estomac du carnassier, le chien, en cela plus difficile, refuserait, dit-on, la grive et la bécasse, et les phoques que l'on a nourris d'abord avec une espèce de poisson refusent obstinément les autres, et se laissent mourir de faim plutôt que de toucher à une proie autre que celle qu'ils ont reçue dès le principe. L'ours que M. Flourens fit élever avec des substances végétales ne voulut jamais de chair, et celui qu'il fit élever avec de la chair ne consentit pas à prendre des aliments que le premier affectionnait. Le pigeon que Spallanzani avait nourri avec de la chair ne voulut pas se remettre au régime des graines. La biche de la Louisiane et le cerf à dagues dont parle F. Cuvier (1) préférèrent toujours le pain, qui avait fait leur nourriture sur le vaisseau, au foin et à l'herbe; on eut une peine infinie à leur faire manger de l'herbe fraîche, mais ils jeûnèrent plusieurs jours plutôt que de toucher à du foin. Ces faits suffisent pour montrer l'influence de l'habitude sur le régime. Burdach (2) en cite un que je ne puis m'empêcher de rapporter, c'est celui « de bêtes à cornes et de chevaux qui, après avoir été nourris de poisson, vont à l'eau pour pêcher : » il mérite d'être placé avec ce que dit Pline des cigales qui vivent de rosée, des anguilles qui se nourrissent d'eau douce, et des lièvres des Alpes qui se contentent de neige pendant l'hiver.

Quelque grande que soit la force de l'habitude sur les changements que peut éprouver le régime des espèces animales, il est à noter que, lorsque les animaux dont le mode d'alimentation a été modifié redeviennent libres, ils reprennent, sous l'influence de leurs instincts, le régime que la nature leur a assigné.

Le régime des animaux, envisagé dans son ensemble, est donc réglé d'après des lois invariables dont les exceptions sont peu nombreuses. Il est en rapport avec l'organisation et avec les mœurs de chaque espèce. Les relations les plus intimes unissent le premier avec les secondes, de sorte que l'animal est forcément herbivore, carnassier ou omnivore, suivant que ses instincts le portent à faire usage de tel ou tel aliment, et suivant que son organisation lui permet de prendre et de digérer une substance plutôt qu'une autre.

Il y a même une loi qui règle les rapports de nombre qui existent entre les carnassiers et les herbivores répandus à la surface du globe. Les espèces appartenant aux degrés inférieurs du règne animal sont pour la plupart carnassières; elles peu-

(1) *Histoire naturelle des mammifères*, t. I, p. 220.
(2) *Traité de physiologie*, t. IX, p. 242.

vent vivre aux dépens les unes des autres sans se détruire entièrement, et elles le peuvent à cause de leur extrême fécondité et de la rapidité avec laquelle leurs générations se succèdent. Presque tous les poissons, et notamment ceux qui vivent dans les mers, se nourrissent de matières animales, les seules, du reste, que la nature puisse leur offrir en quantité suffisante; ils se dévorent réciproquement, et leur voracité s'étend à mille victimes différentes. Parmi eux se trouvent des types comparables à ceux de nos mammifères les plus féroces ; le brochet qui détruit tant de petites espèces, le requin qui montre tant d'avidité pour une proie dont il ne saurait se repaître souvent, la murène qu'un chevalier romain se plaisait à voir déchirer des esclaves, la lamproie et tant d'autres animaux de cette classe rivalisent dans leur élément avec les carnivores dont on connaît le mieux les habitudes.

Si les conditions d'existence de toutes les espèces vivantes étaient semblables à celles des espèces qui habitent les eaux, on concevrait sans peine un règne animal entièrement carnivore, comme l'était du reste, selon toute apparence, celui de la première création antédiluvienne. Mais il ne saurait en être ainsi avec la constitution actuelle du globe, afin que les productions végétales, si abondantes et si variées, puissent recevoir une destination en rapport avec leur but final. Enfin, il est indispensable, pour la conservation limitée des espèces, que les herbivores soient en majorité relativement aux carnassiers.

CHAPITRE XXI.

DES SENSATIONS DIGESTIVES.

Sous ce titre nous comprenons l'analyse de la faim, de la soif, et l'étude des phénomènes qui se produisent dans l'économie lorsque ces sensations ne sont pas satisfaites.

I. DE LA FAIM.

La faim est la sensation qui sollicite l'animal à prendre des matières alimentaires. Destinée à régler la mesure suivant laquelle ces matières doivent être ingérées, à commander des rapports d'une impérieuse nécessité, elle est faible à son début, devient de plus en plus vive, finit par être très pénible et par revêtir tous les caractères d'un besoin irrésistible.

Ses époques d'apparition ou de retour sont variables suivant les espèces, le régime, l'âge, les habitudes des animaux, les saisons et une foule de circonstances particulières qui influencent l'activité des fonctions organiques.

Elles sont bien plus éloignées chez les animaux à sang froid que chez ceux à sang chaud, chez les carnassiers que chez les herbivores ; on les voit se renouveler fréquemment chez les solipèdes et les ruminants ; aussi ces animaux mangent-ils presque constamment quand ils sont dans les pâturages, et au moins deux fois par jour lorsqu'ils sont entretenus dans les étables ; elles se rapprochent plus encore

chez les animaux granivores, les passereaux, les gallinacés ; mais elles se reproduisent à de rares intervalles chez les carnassiers, les oiseaux de proie et surtout chez les reptiles et les poissons.

Cette sensation est plus vive et plus fréquente chez les jeunes animaux que chez les adultes, à cause de l'activité de la nutrition et de l'accroissement dans les premiers âges de la vie ; elle l'est plus en hiver qu'en été chez la plupart des mammifères et des oiseaux ; elle s'affaiblit dans les saisons froides chez les espèces qui s'engourdissent, comme le font les loirs, les marmottes, le hérisson, les ours, et elle s'éteint même alors complétement chez les reptiles dont l'engourdissement est porté à ses dernières limites. Tout ce qui rend la nutrition plus active, la combustion pulmonaire plus rapide, toutes les causes qui agissent dans le sens d'un travail modéré, d'une alimentation peu substantielle, favorisent le retour de la faim et donnent à cette sensation une plus grande énergie ; elle devient presque insatiable après certaines maladies, des déperditions abondantes, de longues privations, et se montre en rapport avec le degré d'activité de l'estomac ; faible ou nulle quand cet organe ne fonctionne pas régulièrement, très intense quand il jouit de toute son activité. Mais l'habitude influe beaucoup sur la fréquence de son retour : c'est ainsi que les animaux domestiques, lorsque arrive l'heure de leur repas, se lèvent, s'agitent, crient, trépignent, témoignent leur impatience jusqu'à ce qu'ils aient reçu leur nourriture. Il en est de même de tous les animaux réduits en captivité.

Ses degrés sont fort nombreux. A son début elle n'a rien de bien pénible, c'est l'appétit. Insensiblement elle devient plus vive, finit par être douloureuse et par déterminer une prostration plus ou moins grande : c'est alors la faim proprement dite. Si elle n'est pas satisfaite, elle ne tarde pas à être déchirante, à se transformer en un besoin impérieux qui se traduit diversement, suivant les animaux. Elle rend les carnassiers d'une grande férocité, comme on le sait pour les loups ; elle les fait devenir cruels à l'excès, exalte leurs instincts sanguinaires. Cependant il est à remarquer qu'elle ne va jamais jusqu'à porter les animaux d'une même espèce à s'entre-dévorer, contrairement aux tristes exemples qu'a donnés la nôtre dans des naufrages ou des siéges de longue durée ; elle ne les porte guère non plus à prendre des aliments autres que ceux qui leur sont habituels ; elle est, dans tous les animaux, selon la remarque de Pline (1), un besoin qu'on ne peut pas tromper, car rien ne prouve que les loups affamés et d'autres animaux se mettent à manger de la terre pour apaiser cette sensation. On sait que l'herbivore se laisse mourir plutôt que de toucher à de la chair, et que l'oiseau de proie en fait autant près d'un morceau de pain. Enfin, lorsque le sentiment de la faim est porté à son dernier degré d'exaltation, il s'éteint en quelque sorte de lui-même : alors il a épuisé tellement les animaux qu'ils ne recherchent plus la nourriture et la refusent même si elle leur est offerte ; c'est du moins ce qu'on observe sur les chiens et les oiseaux de basse-cour qu'on a fait jeûner pendant un certain temps.

Le siége de la faim est difficile à déterminer, à supposer que cette sensation soit réellement localisée. La plupart des physiologistes le placent dans l'estomac ; quelques uns dans les centres nerveux ; d'autres dans le système absorbant ; et d'autres

(1) Livre XI, 444, édit. citée, 1845.

encore, repoussant l'idée de la localisation, font de la faim l'expression d'un état général de l'économie.

De ce que les instincts qui portent les animaux à rechercher et à choisir leurs aliments ont leur siége dans le cerveau, il ne faut pas en inférer que la faim soit localisée au même point : ces instincts sont en quelque sorte tenus en éveil, mis en jeu par cette sensation qui en devient le régulateur, comme ceux de la reproduction, par exemple, le sont consécutivement à l'influence excitatrice partie des organes générateurs. Rien ne prouve qu'elle ait son siége à la partie moyenne et inférieure des lobes cérébraux, comme le pensent certains phrénologues, puisque des fœtus anencéphales qui ont vécu quelques jours après la naissance ont montré tous les signes de la faim.

L'absorption est plus active pendant l'abstinence que lors de la digestion ; mais est-ce une raison pour supposer que le siége de la faim soit dans le système lymphatique ou dans tout le système circulatoire ? Quand le gallinacé a rempli son jabot de grains, rien n'a encore passé, comme le dit M. Bérard, dans les vaisseaux absorbants, et cependant la faim est apaisée ; de même quand le ruminant a distendu sa panse par des herbes qui ne seront digérées que plus tard, il est rassasié, bien que ces herbes n'aient encore fourni aucun élément réparateur.

Son siége paraît être dans l'estomac : elle éclate quand cet organe se vide et qu'il devient inactif ; elle diminue à mesure qu'il se remplit et cesse dès qu'il a reçu tout ce qu'il peut contenir. Cependant, il n'est pas nécessaire qu'il soit tout à fait vide pour qu'elle se fasse sentir : le lapin est affamé lors même qu'il a encore beaucoup d'herbes non digérées ; le ruminant est dans le même cas, bien que sa panse contienne encore une énorme quantité d'aliments ; mais cela tient toujours à la cessation des fonctions gastriques, comme nous le ferons voir plus tard, à l'article de la rumination. Il n'est guère possible d'arriver à dire sûrement si la faim a plus particulièrement son siége dans telle ou telle fraction du viscère ; il est presque ridicule de rechercher s'il est dans la membrane charnue, ou dans la muqueuse, à la petite ou à la grosse tubérosité, au cardia ou au pylore. Peut-être la faim n'a-t-elle pas seulement son point de départ dans l'estomac, et peut-être n'est-elle que l'expression d'un besoin général de réparation, d'une sorte de langueur de tous les organes, et plus spécialement de celui qui est chargé de la digestion, lequel souffrant plus que les autres, serait le premier à exprimer la sensation pénible développée dans son sein.

En admettant l'hypothèse de la localisation de la faim dans l'estomac, peut-on trouver dans cet organe la cause de la sensation dont nous parlons ? Est-ce la présence du suc gastrique, la réplétion des petits tubes chargés de sécréter ce liquide, le reflux de la bile, le tiraillement opéré sur le viscère, le frottement de la muqueuse sur elle-même, la compression des divisions nerveuses résultant d'une contraction permanente des fibres de la tunique charnue ? De toutes ces causes, tour à tour invoquées pour expliquer le développement de la sensation, il n'en est pas une qui soit rigoureusement acceptable. La prétendue irritation produite par le suc gastrique sur la muqueuse de l'estomac est une fiction, puisque la sécrétion de ce fluide dissolvant n'a pas lieu pendant l'abstinence, et que le liquide qui demeure dans le viscère lors des intervalles de la digestion est alcalin. La réplétion des tubes de la membrane reste à

démontrer. Le reflux de la bile dans l'estomac, reflux possible surtout chez les animaux qui, de même que le porc, le lièvre et le lapin, ont le canal cholédoque inséré très près du pylore, pourrait bien ne pas être étranger au développement de la sécrétion : il a lieu chez le porc et souvent chez le cheval, si l'on en juge par la teinte bilieuse des liquides contenus dans le viscère pendant l'abstinence. Les tiraillements que l'on suppose opérés par le foie sur le diaphragme, la compression des nerfs gastriques sont évidemment des causes illusoires. Les frottements de la muqueuse sur elle-même ne sauraient non plus être invoqués ; car, d'une part, ils ne sont point considérables puisque l'estomac est en repos, et, d'autre part, ils ne peuvent s'opérer chez les animaux dont l'estomac ne revient pas complétement sur lui-même. Du reste, ce frottement fût-il réel, qu'il resterait à savoir s'il est douloureux. Or, lorsqu'il est à peu près certain que celui que déterminent des fourrages grossiers imparfaitement divisés n'est point pénible, comment concevoir que celui des plis muqueux les uns contre les autres puisse le devenir ?

La faim, si elle a son point de départ dans l'estomac, ne peut constituer une sensation tant qu'elle n'est pas perçue par le cerveau. Quel peut donc être le nerf chargé de transmettre l'impression aux centres sensitifs ? est-ce le pneumo-gastrique ? sont-ce les nerfs ganglionnaires ?

Dupuy ayant coupé les nerfs vagues à plusieurs chevaux, a vu ces animaux manger jusqu'au moment de l'obstruction complète de l'œsophage par les matières alimentaires qui n'avaient pu parvenir à l'estomac, et il a conclu de ce fait, qu'après la section de ces nerfs la sensation de la faim était éteinte, puisque celle-ci n'était plus remplacée par le sentiment de la satiété lorsque le viscère venait à être rempli. MM. Leuret et Lassaigne ont vu aussi le cheval manger de l'avoine dans la même circonstance. M. H. Bouley et moi nous avons noté plusieurs fois la même particularité sur le cheval et la chèvre. Après cette section, les animaux ne rechercheraient plus leur nourriture, d'après M. Brachet (1), et ils mangeraient uniquement pour satisfaire le sens du goût. Cependant, M. Longet (2) a constaté qu'après la section des linguaux et des glosso-pharyngiens, faite en même temps que celle des pneumo-gastriques, les animaux mangèrent encore, en assez grande quantité et sans dégoût, des aliments imprégnés d'une décoction de coloquinte. Aussi, a-t-il conclu de ce fait, et contrairement à l'idée émise par M. Brachet, que la gustation est étrangère à l'impulsion qui porte les animaux à prendre des aliments, et que cette impulsion persiste après l'abolition du sens du goût et l'interruption dans la continuité des nerfs vagues. Mais, en somme, les expériences ne sont pas décisives : elles démontrent qu'après la section des nerfs vagues, les animaux mangent encore quelque peu, sans prouver que ceux-ci ressentent encore une faim bien caractérisée. En effet, les chevaux, par exemple, prennent encore des aliments en petite quantité : bientôt les bols alimentaires, n'arrivant plus à l'estomac, s'arrêtent dans l'œsophage et s'y accumulent depuis le cardia jusqu'au niveau du cou et souvent jusqu'au pharynx : alors l'animal cesse de manger. Si donc la faim a persisté dans cette circonstance, l'impression produite dans l'estomac n'a pu se transmettre aux centres nerveux que par

(1) *Recherches sur les fonctions du système ganglionnaire*, p. 219.
(2) *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. II, p. 328.

l'intermédiaire du système ganglionnaire. Si, au contraire, elle s'est éteinte avec la section des nerfs vagues, l'animal a mangé par instinct, par habitude, ou pour flatter le sens du goût.

La nature de la faim n'est pas mieux connue que celle de ses causes immédiates. Cette sensation interne, dont le point de départ est probablement, à la fois, dans l'estomac et dans tout le reste de l'économie, résulte d'une modification nerveuse insaisissable, mais parfaitement caractérisée par son but et par les actes qu'elle provoque.

Elle est susceptible d'éprouver certaines aberrations qui constituent ce qu'on appelle le *pica* et le *malacia* dont les animaux, de même que l'homme, nous offrent de nombreux exemples. Ainsi le bœuf mange quelquefois de la terre et du fumier ; la vache, du linge ; la chèvre et le bœuf, du papier ; le chien hydrophobe dévore presque toujours de la paille, des morceaux de cuir. Mais il ne faut pas confondre ces aberrations avec les impulsions instinctives qui portent beaucoup d'animaux à prendre des substances salines ou minérales, les gallinacés à avaler du gravier et de petites pierres ; il faut bien les distinguer aussi du goût que certaines espèces manifestent pour des substances qui inspirent de l'aversion à d'autres, car il est incontestable que ce qui est naturel à chaque espèce ne saurait être une aberration. Enfin, elle devient parfois insatiable ; alors elle constitue ce qu'on appelle la *boulimie*.

II. DE LA SOIF.

La soif est la sensation interne de laquelle dérive l'impulsion qui porte les animaux à la préhension des liquides.

Il faut en examiner les caractères, les périodes de manifestation, les degrés, le siége, les causes et la nature.

La soif se développe dans deux circonstances principales : lorsque les animaux viennent de manger, et lorsque, pendant la digestion ou dans les intervalles de cette fonction, le sang a éprouvé une déperdition considérable d'éléments aqueux. Mais il est fort remarquable qu'elle se fait sentir presque exclusivement dans le premier cas, et le plus souvent lorsque le repas est à peu près fini et la faim apaisée. On ne voit pas que les grands herbivores, après une journée de travail par les fortes chaleurs de l'été, éprouvent le sentiment de la soif, car ils ne cherchent point alors à s'abreuver aux fontaines ou aux ruisseaux près desquels ils passent et refusent l'eau qu'on leur présente.

Elle se fait sentir plus souvent et plus vivement chez les herbivores que chez les carnassiers, plus chez les oiseaux granivores que chez les rapaces. Elle se renouvelle plus fréquemment chez les animaux qui se nourrissent de substances sèches, de grains, de farines, que chez ceux qui vivent d'herbes vertes ou de racines aqueuses. Cependant, bien que les fourrages verts contiennent en moyenne les quatre cinquièmes de leur poids d'eau, ceux des animaux qui s'en nourrissent, comme les solipèdes et les ruminants, prennent encore des liquides en quantité notable. Quelques uns de ces herbivores, le mouton, la chèvre, par exemple, boivent peu, même avec une alimentation sèche ; le lapin, le lièvre, le cabiai et le cochon d'Inde boivent aussi très peu ou même ne boivent pas du tout. Les animaux qui vivent de chair, le chien,

le chat, boivent encore assez souvent; il en est de même de l'ours, du lion et des autres carnassiers de nos ménageries. Les oiseaux, surtout les granivores comme les gallinacés de nos basses-cours, boivent souvent; l'oie herbivore et le canard, constamment nourris de proie humectée, ne paraissent pas prendre souvent des liquides sans matières alimentaires. Les oiseaux de proie ne boivent guère, ainsi que l'avait remarqué Aristote, si ce n'est dans quelques circonstances : parmi ces derniers, la cresserelle et le milan passaient chez les anciens pour s'abreuver quelquefois. Les reptiles terrestres, la couleuvre, la vipère, les lézards boivent aussi un peu : on sait leur avidité pour le lait.

Il est des animaux qui peuvent se passer de boire pendant fort longtemps. Le dromadaire et le chameau supportent la soif quatre à cinq jours et plus en été et dans des saisons chaudes. Le chat de l'abbé de Fontenu vécut dix-neuf mois de viande bouillie sans boire. Le duc qui servit aux expériences de MM. Leuret et Lassaigne passa huit mois entiers sans faire usage de boissons. Cette faculté que possèdent certains animaux de supporter longtemps la soif n'a rien de bien étonnant chez ceux qui vivent de substances suffisamment imprégnées d'eau, mais elle s'explique difficilement chez les herbivores des climats chauds (1). Quelques auteurs, Burdach entre autres, l'ont attribuée, en ce qui concerne le chameau, à la rareté de la transpiration, à l'abondance de la salive fournie par des glandes volumineuses et à la sécrétion qu'on suppose s'effectuer dans la panse. Or, de ces trois causes, la première seule est acceptable, car rien ne prouve que la salivation du dromadaire soit plus active que celle des autres ruminants, ni qu'il y ait une exhalation aqueuse dans le rumen. D'une part, les glandes salivaires de cet animal ne sont pas même aussi volumineuses que celles du bœuf, car si la parotide de l'un est sensiblement égale à la parotide de l'autre, la maxillaire du premier n'est que le tiers de celle du second (2). D'autre part, à supposer que la sécrétion de ces glandes soit proportionnellement plus active que dans les autres herbivores, elle ne rend pas compte du fait, puisque la sécrétion de la salive emprunte ses matériaux aux parties aqueuses du sang et ne fait qu'épaissir ce liquide, alors qu'il a besoin d'être délayé. Quant à la sécrétion aqueuse qui aurait lieu dans les cellules de la panse, elle est évidemment imaginaire; on ne voit dans ces poches, ni glandes, ni rien qui indique là une exhalation quelconque; le liquide qui les remplit n'est autre chose que l'eau dont l'animal s'est abreuvé, eau qui peut s'y conserver longtemps, grâce à une organisation spéciale de la muqueuse qui s'oppose à l'absorption.

Les causes qui peuvent contribuer réellement à rendre la soif supportable aux ruminants dont nous parlons, et même à l'apaiser jusqu'à un certain point, me paraissent résider : 1° dans la présence d'une poche à parois glanduleuses situées en arrière du pharynx et versant des mucosités abondantes sur la muqueuse de l'arrière-bouche; 2° dans la quantité considérable de glandules qui se trouvent à la partie

(1) M. Adelon, *Physiologie de l'homme*, 2e édit., t. II, p. 419, dit que les animaux qui n'éprouvent pas la soif sont surtout ceux qui ont des glandes salivaires énormes et un gros pancréas, puis il ajoute « que les sécrétions de ces glandes semblent suffire chez eux *à fournir les sucs que peut par intervalles réclamer le sang.* » Quel singulier argument dans la bouche d'un physiologiste!

(2) Cette observation a été faite sur un dromadaire que nous avons disséqué, M. Goubaux et moi, dans le courant de janvier 1853.

flottante du voile du palais; 3° enfin, dans le renvoi à la bouche d'une partie du liquide des cellules du rumen lors de la rumination, renvoi, à la suite duquel cette fraction du contenu des poches aquifères peut être amenée dans le dernier estomac, et de là dans l'intestin pour y être absorbée.

Les caractères de la sensation varient avec ses degrés. Lorsqu'elle se développe pendant le repas, la mastication se ralentit et la salivation devient languissante, l'animal cesse bientôt de manger, s'inquiète, s'agite, porte ses regards en différentes directions et fait entendre souvent, comme le bœuf, par exemple, des cris plaintifs. Si on le fait sortir de l'étable, il se dirige rapidement vers les abreuvoirs où il a coutume de se désaltérer, et dès qu'il y est arrivé, il plonge ses lèvres dans l'eau et l'aspire à grands traits. S'il est au milieu des champs, attelé à la charrue ou à une voiture, il s'arrête en traversant un fossé ou un ruisseau, et se met à boire, malgré les coups qu'on lui donne dans le but de l'obliger à continuer sa marche. Les espèces sauvages sont portées instinctivement à rechercher les endroits où elles trouvent de quoi satisfaire un besoin impérieux : une secrète impulsion les guide avec sûreté vers des lieux souvent fort éloignés de ceux où elles se trouvent. Aussi, n'est-ce pas sans une certaine vraisemblance que Pline nous a dépeint, sous des couleurs poétiques, les animaux qui, venus de divers points des déserts, se rassemblent ou se rencontrent sur les bords des fleuves pour s'y désaltérer.

Lorsque la soif ne peut être apaisée, l'animal manifeste une inquiétude toujours croissante; la bouche se dessèche par suite de la diminution de la sécrétion salivaire, la langue devient chaude, le sang s'épaissit, la fièvre s'allume, la digestion languit, les aliments se tassent dans l'estomac, la rumination ne s'opère plus qu'à de rares intervalles et à de très courtes périodes, bientôt même elle se suspend tout à fait. Sans doute qu'alors l'animal éprouve, comme nous, une ardeur vague de l'arrière-bouche, un sentiment de sécheresse de la muqueuse buccale. Mais il est impossible de savoir quel caractère peut revêtir cette sensation portée à son plus haut degré, ni de juger de la souffrance qu'elle fait naître dans cette circonstance. S'il en est de la brute comme de l'homme, on peut concevoir tout ce qu'a de pénible l'état de ces pauvres animaux que la négligence de leurs maîtres laisse souvent des jours entiers en proie à un supplice plus douloureux que celui de la faim.

Les conditions dans lesquelles se développe la sensation de la soif et les causes qui la font naître sont, pour la plupart, faciles à déterminer.

M. Bérard fait observer avec justesse que la prédominance des parties solides sur les parties fluides du sang, l'introduction de substances irritantes dans les voies de la circulation, et la diminution absolue du liquide nutritif, sont les trois états principaux qui se rapportent au développement de la soif.

En effet, lorsque le sang a perdu une forte proportion de ses éléments aqueux, par suite d'une transpiration abondante, comme celle qu'éprouvent les animaux soumis à des travaux pénibles pendant les fortes chaleurs de l'été, ou bien lorsqu'il a été privé d'une énorme quantité d'eau, soit par la sécrétion urinaire surexcitée, soit par la salivation opérée pendant la durée d'un repas composé de substances sèches, la soif se manifeste et acquiert une intensité proportionnelle à la soustraction de l'eau du sang. De même, après l'ingestion de fourrages excitants, salés, après des opérations chirurgicales sanglantes, de copieuses saignées, elle naît assez promptement.

On voit tous les jours dans nos salles d'opérations de malheureux chevaux éprouver une soif que des quantités énormes d'eau peuvent à peine apaiser, et qui leur rendent momentanément assez de force pour qu'ils puissent se relever. Il serait intéressant de voir si un animal qui refuserait le liquide avant une forte saignée, boirait lorsque celle-ci serait faite. L'état de l'estomac rempli d'aliments imparfaitement humectés ne nous semble pas être, par lui-même, une cause qui fasse naître directement la sensation dont nous parlons. Très probablement, la cause effective réside alors dans la perte considérable de parties aqueuses que le sang a éprouvée pour fournir la salive nécessaire à la division et à la déglutition des substances alimentaires, car on sait qu'un solipède, en mangeant, par exemple, dans un repas, quatre kilogrammes de foin, perd, pour humecter ce fourrage, environ seize kilogrammes d'eau enlevés au torrent de la circulation. Or, cette soustraction effrayante doit épaissir considérablement le sang qui reste dans les vaisseaux.

Quant au siége et à la nature de la sensation, l'un et l'autre sont difficiles à déterminer.

Dumas considérant que la soif se développe par suite des déperditions que le sang a éprouvées dans sa partie aqueuse, déperditions qui donneraient lieu à un état inflammatoire de ce liquide et à une réaction fébrile, Dumas place le siége de la sensation dans le système vasculaire sanguin. Ce physiologiste s'abuse. L'état du sang entraîne effectivement la manifestation de la soif, mais cet état spécial n'exerce point son action sur les vaisseaux, et, à supposer même que cette action portât sur eux, jouissent-ils d'une sensibilité susceptible de s'exalter au point de produire l'impression pénible qui fait naître la soif?

La sensation qui provoque les animaux à la préhension des liquides, dérive d'un état général de l'économie, ou plutôt d'un état du sang qui, lui-même, résulte d'une transpiration abondante, d'une salivation excessive et, en un mot, de toutes les causes qui le rendent trop plastique. Cet état du sang a pour effet de stimuler trop vivement le système nerveux et de diminuer ou de tarir les sécrétions, celle de la muqueuse pharyngienne entre autres. Or, est-il irrationnel d'admettre que cette membrane, en devenant aride, éprouve des modifications dans sa sensibilité, lesquelles déterminent l'impression pénible qu'on appelle la soif?

Je ne vois pas les objections sérieuses qu'on pourrait faire à cette opinion déjà ancienne. Le fait de l'extinction de la soif par suite de l'immersion du corps dans l'eau, de l'application de linges mouillés à la surface de la peau, de l'injection de l'eau dans les veines, de l'introduction directe de ce liquide dans l'estomac, ne prouve rien contre la localisation du siége de la sensation dans la muqueuse de l'arrière-bouche. Ce fait, tant de fois présenté comme contraire à l'idée d'une localisation quelconque, n'a, en ce sens, aucune valeur, car la pénétration de l'eau dans le sang en quantité suffisante rend ce dernier moins stimulant et lui donne les qualités convenables pour rétablir les sécrétions à leur état normal, et en particulier, celle de la muqueuse pharyngienne.

Il est, d'ailleurs, un autre fait qui vient à l'appui de la localisation de la soif dans l'arrière-bouche, bien qu'à un certain point de vue il semble pouvoir être interprété autrement. J'ai observé que les chevaux très altérés, dont l'œsophage était ouvert sur le trajet du cou, cessaient de boire après avoir aspiré un ou deux seaux

d'eau, comme si le liquide fût parvenu à l'estomac. Évidemment, dans cette circonstance, qui paraît un autre supplice de Tantale, les animaux se désaltéraient momentanément, par suite de l'action locale de l'eau sur l'arrière-bouche et de l'humectation de la membrane de cette cavité. Mais l'effet ne peut être de longue durée, puisque bientôt la muqueuse pharyngienne redevient sèche, faute d'une sécrétion suffisamment abondante.

Il est à noter que la soif est apaisée par suite de l'injection directe de l'eau dans les compartiments gastriques qui, chez les ruminants, n'absorbent point, et dans l'estomac simple des solipèdes, à peu près complétement privé de la faculté absorbante. Ce résultat s'explique parfaitement, pour les ruminants, par le passage facile des liquides du rumen dans le dernier estomac, et de là dans l'intestin où l'absorption est si active, et pour le cheval, par le transport immédiat des boissons dans l'intestin grêle et le cœcum.

Dans l'hypothèse de la localisation de la soif au pharynx, il est assez difficile de dire quels sont les nerfs qui transmettent aux centres l'impression développée dans le tissu de la muqueuse qui tapisse cette cavité. M. Longet semble refuser ce rôle au lingual et au glosso-pharyngien, parce qu'il a vu la sensation persister après la section de ces nerfs pratiquée des deux côtés.

De même que la faim, la sensation de la soif éprouve quelques aberrations. Nulle, elle donne lieu à ce qu'on appelle l'*adipsie*, et exagérée au point de devenir inextinguible, elle constitue la *polydipsie*.

III. DE L'ABSTINENCE.

L'abstinence consiste dans la privation d'aliments. C'est l'état dans lequel la faim et la soif réclament en vain et arrivent successivement à leurs derniers degrés sans être apaisées. Quand elle se prolonge au delà d'un certain temps, variable suivant les espèces, elle produit l'inanition et détermine la mort.

Tous les animaux ne sont pas également aptes à supporter l'abstinence : elle est d'autant moins susceptible d'être prolongée que les fonctions nutritives, respiratoires et sécrétoires sont plus actives. Parmi les mammifères, les carnassiers la supportent mieux et plus longtemps que les omnivores et surtout que les herbivores. On sait que le loup, le lion et toutes les espèces analogues, n'ayant pas toujours une proie à leur disposition, sont habituellement exposés à des privations qui doivent leur être plus tolérables qu'à d'autres animaux. Aristote croyait même qu'il était dans la nature des carnassiers de ne faire que des repas très éloignés, car il dit (1) que le lion, après s'être bien repu, reste deux ou trois jours sans manger ; mais l'observation de ce qui se passe dans nos ménageries prouve que les espèces les plus essentiellement carnassières mangent tous les jours, quelle que soit l'abondance de leur nourriture. Les chiens, d'après les expériences de M. Magendie et de Collard de Martigny, vivent trois à quatre semaines sans prendre d'aliments ; d'après MM. Leuret

(1) *Histoire des animaux*, liv. VIII, p. 447. Pline prétend que cet animal ne mange que de deux jours l'un. Comment pouvait-il le savoir ?

et Lassaigne (1), ils peuvent supporter une privation complète d'aliments et de boissons pendant un mois dans un lieu sec et chaud, et jusqu'à quarante jours dans un lieu humide et sombre. Quelques carnassiers cependant font exception à la règle, car M. Flourens a constaté que la taupe ne peut vivre plus d'un jour sans prendre de nourriture. Les herbivores sont loin de pouvoir supporter une abstinence aussi prolongée. Ils ont besoin de prendre souvent d'une nourriture qui ne les entretient, pour ainsi dire, qu'autant que la digestion est permanente. Néanmoins, quelques uns passent, sans souffrir notablement, plusieurs jours sans manger, le chameau et le dromadaire, par exemple. M. H. Bouley a vu le cheval supporter douze jours une abstinence complète d'aliments, et la commission d'hygiène s'est assurée que ce solipède pouvait dépasser ce terme, pourvu qu'on lui laissât de l'eau à discrétion. M. Gurlt dit même que le dernier peut aller jusqu'au vingt-septième jour. Le lapin vit environ douze jours, d'après Dugès, et jusqu'à dix-sept jours, suivant M. Bernard, sans aliments ; les souris trois jours, d'après M. Magendie, et les rats deux jours à peine par les fortes chaleurs de l'été, du moins autant que j'ai pu m'en assurer sur cinq ou six individus de cette espèce. Les oiseaux ne peuvent supporter aussi longtemps cette privation que les mammifères. Buffon dit qu'elle peut aller à trente-cinq jours pour l'aigle, à quatorze pour le vautour, et à dix pour l'effraie. Redi (2) n'a vu vivre les animaux de cette classe que vingt jours lorsqu'il leur laissait des liquides, et neuf jours seulement quand ils étaient à la fois privés d'aliments et de boissons. Spallanzani a même vu un duc périr après six jours seulement d'abstinence.

Les oiseaux granivores ne supportent pas longtemps la faim. Dugès dit qu'ils meurent après deux jours d'abstinence. J'ai vu cependant un dindon qui vécut dans cette circonstance quatre jours entiers. Le canard qu'on veut faire périr d'inanition passe cinq à six jours sans aliments, et mange après cette épreuve avec une étonnante avidité. On sait que les reptiles restent, même lorsqu'ils ne sont pas complétement engourdis, la plus grande partie de la saison froide sans prendre d'aliments. Le fait est fort anciennement connu, car Hérodote dit que le crocodile passe quatre mois sans manger. On a conservé des vipères pendant une année sans qu'elles voulussent prendre le moindre aliment ; mais elles ne dépassent guère deux à trois mois dans les saisons chaudes, du moins, c'est ce que nous avons pu observer sur plusieurs de ces ophidiens destinés à des expériences. On a, dit-on (3), gardé au jardin des Plantes un serpent à sonnettes qui ne prit aucune nourriture pendant vingt-six mois. Les tortues peuvent vivre dans nos habitations une partie de l'hiver sans manger, lors même qu'elles ne sont pas plongées dans une torpeur complète. Les poissons, même les plus voraces, vivent des années dans l'eau claire, ainsi que l'ont démontré les observations déjà anciennes de Rondelet. Enfin, les sangsues et une foule d'autres invertébrés sont dans le même cas.

Les jeunes animaux, à quelque espèce qu'ils appartiennent, et quel que soit, du reste, leur régime, supportent moins longtemps l'abstinence que les adultes et les sujets avancés en âge. Ceux qui sont vigoureux, qui travaillent ou qui éprouvent des

(1) *Recherches physiologiques et chimiques pour servir à l'histoire de la digestion*, Paris, 1825.
(2) Cité par M. Bérard, t. I, p. 537.
(3) Communication de M. Vallée.

déperditions abondantes, la supportent moins bien que les individus plongés dans l'inaction ou malades. On sait que la privation des aliments est compatible avec la vie dans une foule de maladies au delà du terme où elle serait supportable pour des animaux en bonne santé.

L'abstinence produit des modifications remarquables dans l'état de divers organes et dans la plupart des fonctions de l'économie : il faut les examiner sommairement.

L'estomac, chez certains animaux, les carnassiers, par exemple, se vide complétement et s'affaisse sur-lui-même, au point que sa cavité est entièrement effacée; les liquides qu'il pouvait contenir ont été résorbés ou chassés dans l'intestin; il ne reste plus à la surface de la muqueuse plissée qu'une couche épaisse de mucus. Il ne se vide pas tout à fait chez le porc et conserve une cavité assez notable chez les solipèdes. L'estomac de ces derniers s'éloigne de l'hypochondre gauche, se place en grande partie à la face postérieure du foie. Son cul-de-sac gauche, bien plus affaissé que le droit, devient fort petit, et les fibres charnues qui concourent à la formation des parois du premier, se rassemblent en gros faisceaux bien distincts séparés par des sillons profonds; le sac droit, plus dilaté, et non sillonné à l'extérieur, conserve intérieurement une certaine quantité de liquide jaune verdâtre, souvent presque dépourvu de viscosité très marquée, et toujours neutre ou alcalin. C'est un reste des liquides que l'animal a bus, et qui se trouve mêlé à la salive déglutie pendant l'abstinence. Celui des ruminants conserve toujours une grande quantité d'aliments. Le rumen ne parvient jamais à se débarrasser des deux tiers des matières qu'il contient à l'état normal ; celles-ci occupent l'étage inférieur du premier réservoir gastrique, se tassent plus ou moins, se moulent dans les anfractuosités du réservoir, et ne parviennent pas à revenir dans la bouche pour y être ruminées. Aussi l'animal meurt-il de faim avec une quantité d'aliments qui remplirait trois ou quatre fois l'estomac simple du cheval. Le réseau présente encore un peu de liquide mêlé à quelques parcelles alimentaires. Les aliments du feuillet se dessèchent à un haut degré et forment des tablettes compactes entre les lames muqueuses de ce compartiment. Les vaisseaux du viscère sont flexueux, et très probablement ils reçoivent, comme le pensaient Dumas et Chaussier, et comme le veut M. Magendie, moins de sang que lors de la digestion (1) ; sa muqueuse forme des plis qui sont, chez les solipèdes, petits et très nombreux dans le sac gauche, plus rares et plus saillants dans le sac pylorique. Dumas dit l'avoir trouvée altérée par l'absorption dans le chien, et Hunter assure l'avoir vue ulcérée sur un homme mort de faim. Ordinairement, elle n'est pas même sensiblement enflammée ; néanmoins, j'y ai noté quelque apparence de phlogose sur un cheval mort après une longue abstinence, et le fait est d'autant plus singulier que la gastrite ne s'observe, dit-on, jamais chez cet animal. Les lésions signalées par Dumas et Hunter, si elles sont possibles, doivent être fort rares.

L'intestin grêle revient facilement sur lui-même, surtout à sa dernière portion, mais il conserve de distance en distance des dilatations séparées par des étranglements qui lui donnent l'aspect moniliforme ; sa muqueuse plissée s'enflamme faci-

(1) Bichat ne croit pas que la quantité de sang apporté à l'estomac soit moindre alors que dans les circonstances ordinaires (*Rech. sur la vie et la mort*, édit. de 1805, p. 205).

lement et il se développe surtout des stries inflammatoires sur les parties saillantes des plicatures ; ses liquides s'épaississent et finissent par devenir troubles et se mêler à des gaz fétides ; ils conservent toujours une extrême viscosité. Le gros intestin s'affaisse et se vide presque entièrement chez les carnassiers et les ruminants, mais il conserve beaucoup de matières plus ou moins épaisses dans les solipèdes. Voici ce que nous avons trouvé (1) sur un cheval très vigoureux mort après douze jours d'une privation complète d'aliments. L'estomac contenait trois litres d'un liquide trouble, jaune verdâtre, fétide ; l'intestin grêle, deux litres et demi d'un autre fluide jaune d'ocre alcalin et également fétide ; le cæcum, quinze litres d'un liquide tenant en suspension quelques parcelles alimentaires, et le côlon replié, vingt litres de matières très délayées, où les aliments entraient à peu près pour un dixième. La muqueuse du sac droit de l'estomac était très évidemment phlogosée, celle de l'intestin grêle davantage encore ; enfin, celle du côlon et du cæcum l'était très vivement. Cette dernière, recouverte de fausses membranes très adhérentes, a ses follicules hypertrophiés. Il est digne de remarque que l'intestin ne se débarrasse jamais de son contenu chez les solipèdes, les ruminants et le lapin, tandis qu'il se vide tout à fait chez les animaux carnassiers, ainsi qu'Aristote l'avait déjà vu pour l'ours durant l'abstinence hivernale. La désobstruction de cet organe s'effectue, chez les animaux hibernants, avant que l'engourdissement soit complet ; du moins, c'est ce que disent les observateurs modernes.

Les annexes de l'appareil digestif éprouvent aussi quelques modifications. Le foie continue à fonctionner, et la bile qu'il verse dans l'intestin est complétement éliminée ; c'est elle qui donne aux matières excrémentitielles la teinte jaunâtre qu'elles ont si nettement, surtout chez les oiseaux. La vésicule se distend et se remplit d'une bile épaisse dont la quantité s'élève parfois, chez le bœuf, à plus de 1200 grammes. Celle qui coule dans l'intestin reflue en partie dans l'estomac, notamment chez le porc, où elle colore le mucus de la partie droite du viscère et donne une teinte citrine aux liquides qui s'y trouvent en dépôt.

Il survient, par suite de l'abstinence, des modifications non moins sensibles dans tout le reste de l'économie.

Le poids du corps diminue considérablement, par suite des pertes éprouvées par le sang, le tissu adipeux et le système musculaire.

La graisse se résorbe avec rapidité, particulièrement celle qui est sous-jacente à la peau, celle qui se trouve dans les interstices musculaires, puis celle qui est en dehors du péritoine, dans les mésentères, les épiploons, à la périphérie des reins, au bord supérieur de l'encolure du cheval, sous le sternum des ruminants. La graisse des os diminue très notablement : aussi, les squelettes des animaux qu'on a fait mourir d'inanition, après de longues privations, sont-ils susceptibles d'acquérir une blancheur et une légèreté que ne possèdent jamais ceux des animaux gras. Il est cependant des parties où la graisse se conserve en quantité assez considérable, quelle que soit la durée de l'abstinence. Ainsi, on la retrouve constamment au coussinet de la gaîne fibreuse de l'œil, dans la fosse temporale, à la base de la conque, autour de la dure-mère rachidienne, dans les scissures coronaire et spiroïde du cœur, en arrière des ligaments rotuliens. Cette graisse, dans les points où

(1) M. Bouley et moi.

elle persiste, change de teinte chez les solipèdes; on lui voit prendre un reflet rougeâtre qu'elle n'a point habituellement; les coussinets des tempes sont comme infiltrés de sérosité; les mailles cellulaires qui emprisonnent les vésicules deviennent plus apparentes et leurs vaisseaux mieux dessinés.

Le système musculaire, qui a déjà perdu de son volume apparent par la résorption de la graisse sous-cutanée et intersticielle, s'atrophie réellement avec une certaine rapidité; les muscles se dessinent sous la peau avec leurs reliefs et leurs découpures, surtout lors de la contraction; ils laissent en évidence les saillies des os et les formes du squelette surtout dans les membres. Toutes les parties du système subissent une atrophie plus ou moins sensible. Le cœur lui-même, d'après les recherches de M. Chossat (1), l'éprouverait dans le même rapport que le reste. Suivant cet observateur, les pertes totales éprouvées par la masse du corps pendant les premiers jours sont plus fortes que celles des jours suivants, après lesquels elles finissent par devenir sensiblement égales; la mort surviendrait lorsque les pertes se seraient élevées, en moyenne, aux quatre dixièmes du poids initial des animaux d'un embonpoint ordinaire et aux cinq dixièmes pour les animaux gras. La réduction de poids s'opère, dit-il, vingt-trois fois plus vite sur un mammifère que sur un vertébré à sang froid. Mais parmi tous ces appareils qui s'atrophient, le système nerveux seul résiste à l'usure générale : il paraît, du moins, conserver dans les parties centrales le volume que lui assignent les cavités qui le renferment.

Les fluides, de même que les solides organiques, se réduisent à de moindres proportions. Le sang dont les matériaux ne se renouvellent plus qu'aux dépens des propres matériaux de l'organisme qui se décompose de toutes parts, éprouve une diminution de quantité fort appréciable, qu'on ne soupçonnerait pas, du reste, le plus souvent, si on prenait en considération l'état des muqueuses apparentes. Les vaisseaux s'affaissent; ceux qui sont ordinairement gonflés sous la peau s'effacent graduellement : cette diminution est portée si loin que les animaux qui ont succombé à une longue abstinence sont presque exsangues, comme Haller et une foule d'auteurs l'ont remarqué; mais on n'est pas bien fixé sur les changements que ce liquide éprouve. Quelques observateurs ont cru y voir augmenter la quantité de l'eau et de l'albumine. Dans tous les cas, les tissus pâlissent, se dessèchent en quelque sorte; mais ils ne deviennent point phosphorescents, ainsi que le disent certains auteurs. La lymphe, d'après M. Collard de Martigny, augmenterait sensiblement de quantité pendant les quatre à cinq premiers jours de l'abstinence : cette particularité assez bizarre me paraît difficile à expliquer; je ne l'ai point constatée sur des ruminants, au canal thoracique desquels se trouvait adapté un tube donnant écoulement au liquide charrié par ce canal; au contraire, la lymphe devenait de plus en plus rare, au point que l'écoulement était à peu près nul dès le troisième ou le quatrième jour.

Les fonctions se modifient très sensiblement sous l'influence de l'abstinence. La circulation se ralentit, le pouls devient petit et d'une rareté excessive, lorsqu'il n'y a point de fièvre. La respiration se ralentit dans la même proportion que la cir-

(1) *Recherches expérimentales sur l'inanition*, Paris, 1843.

culation; néanmoins, d'après M. Boussingault, la quantité d'acide carbonique resterait, si ce n'est au dernier moment, ce qu'elle est dans les circonstances ordinaires. Cependant, ce qui rend ce fait douteux, c'est que la chaleur animale baisse, et elle ne paraît pouvoir diminuer que par suite d'une moindre activité des phénomènes de combustion opérés dans le poumon et les divers tissus. La température du corps éprouve journellement des oscillations qui, suivant M. Chossat, dépassent 3 degrés centigrades ; elle éprouve une réduction de trois dixièmes de degré toutes les vingt-quatre heures et diminue en somme de 13 à 14 degrés au dernier moment de l'inanition. Les sécrétions se tarissent, l'urine est peu abondante, surtout si les animaux sont privés de boissons ; elle reste encore chargée d'une forte proportion de principes salins et de matières animales. M. Boussingault (1) y a trouvé encore chez les oiseaux de l'acide urique, et M. Lassaigne (2), de l'urée, chez un fou qui avait résisté à une abstinence de dix-huit jours. La transpiration cutanée semble perdre son activité; les sueurs n'apparaissent que fort rarement; la lactation se suspend; la salive visqueuse, destinée à humecter la bouche, devient épaisse et n'est plus déglutie qu'en petite quantité et à de rares intervalles ; les sécrétions intestinales seules conservent une assez grande énergie; la bile continue à couler en abondance; elle donne aux matières de l'intestin grêle du porc et du cheval une teinte jaune bien sensible; elle colore les matières fécales des gallinacés, et le savant chimiste que je viens de citer en a reconnu l'existence dans les excréments des oiseaux; enfin, les exhalations séro-muqueuses du tube intestinal deviennent si abondantes parfois, qu'elles déterminent une diarrhée dont l'apparition signale souvent les derniers moments de la vie des animaux qui meurent d'inanition.

L'abstinence détermine, suivant ses périodes et suivant les animaux qui la supportent, certains effets généraux fort remarquables. Dans les premiers temps, les animaux sont surexcités; le chien aboie comme pour demander de la nourriture, et il en cherche partout s'il est libre; le bœuf beugle, foule sa litière, ramasse avec la langue tous les brins de paille qui sont à sa portée; le cochon fait entendre un grognement particulier souvent répété, et se met à ronger les planches de sa hutte et à insinuer son groin dans tous les interstices des parois de sa prison ; le loup vient hurler, dans les temps de neige, sur la lisière des bois; les carnivores sauvages deviennent d'une extrême férocité ; les rats renfermés ensemble se mordent souvent avec une animation remarquable. Après ces premiers jours d'excitation survient un calme de plus en plus profond dont l'animal ne sort que par moments. Le chien se retire dans un coin et se couche ; il n'aboie pas et ne semble plus réclamer des aliments. Plus tard, lorsque son affaiblissement a fait des progrès, si on lui jette un morceau de pain, il se lève, marche en chancelant; souvent il se heurte et parfois il tombe; ses yeux ternes expriment la langueur et la souffrance, qu'il faut comparer aux angoisses pénibles et déchirantes des malheureux qui vont mourir de faim. Le pauvre animal, les membres à peine redressés, se précipite sur l'aliment qu'on lui a donné; il le mâche avec lenteur, comme si ses mâchoires étaient sans force; on voit qu'il éprouve une grande difficulté dans la déglutition.

(1) Ouv. cit., t. II, p. 403.
(2) *Journal de chimie médicale*, 1828.

Bientôt, il revient dans le coin où il a l'habitude de se reposer, et c'est le plus obscur de son habitation ; il s'y couche en cercle et reste indifférent à ce qui se passe autour de lui ; plus tard, il ne veut pas en sortir, même quand on lui présente de la nourriture. L'oiseau n'a pas la force de se tenir perché. Le dindon, par exemple, reste immobile et comme hébété ; ses mouvements deviennent très lents : au bout d'une abstinence de deux ou trois jours, il refuse les aliments, mais il boit encore avec avidité ; ses caroncules pâlissent et acquièrent de la flaccidité ; ses déjections sont molles et bilieuses.

La mort, qui termine le malheureux état dont nous parlons, est précédée, chez le cheval, d'un décubitus latéral plus ou moins prolongé, d'une sueur froide et de quelques convulsions de courte durée ; elle survient après un temps dont la durée varie suivant l'espèce, l'âge, l'état des animaux et les conditions diverses dans lesquelles ils peuvent se trouver.

On s'est demandé quelle pouvait être la cause prochaine de la mort qui met fin à l'abstinence. Les uns ont considéré cette cause comme étant le résultat de la diminution de la masse du sang ; les autres, M. Chossat, par exemple, l'ont vue dans l'abaissement de la chaleur animale ; il en est qui l'ont attribuée au défaut d'excitation du système nerveux, au manque d'éléments réparateurs. Ici, l'effet résulte évidemment de plusieurs causes : le sang appauvri est en proportion trop minime ; les tissus, déjà brûlés en partie, ne reçoivent plus de matériaux de réparation ; la respiration manque de combustibles ; la chaleur animale descend à un degré insuffisant ; l'estomac et l'intestin sont enflammés ; le système nerveux est privé d'excitants assez énergiques ; tous les rouages de l'organisme sont usés. En faut-il plus pour mourir ?

CHAPITRE XXII.

DE LA PRÉHENSION DES ALIMENTS.

La digestion, bien qu'elle soit une fonction essentiellement végétative, ne peut s'accomplir sans la coopération des fonctions de la vie animale. Celles-ci sont des auxiliaires indispensables à la première. Semblables à des esclaves complaisants, elles se mettent au service de toutes celles qui peuvent avoir besoin de leur secours. Ainsi, l'odorat et la vue servent à faire découvrir à l'animal les aliments qui lui conviennent, et à lui donner un premier aperçu des qualités qu'ils possèdent ; le goût, par un essai définitif, doit apprécier exactement ces derniers, lorsque se sera effectué l'acte qu'on appelle la préhension des aliments.

Cette préhension s'opère de différentes manières, suivant l'état et la nature de l'aliment, et la conformation des organes destinés à le saisir et à le faire parvenir dans la cavité buccale.

I. DE LA PRÉHENSION DES ALIMENTS SOLIDES.

Il est des animaux dont les membres antérieurs sont à la fois des organes de soutien et des instruments de préhension. Ces animaux n'ayant pas, en général, une

taille très élevée, leurs extrémités antérieures n'ont pas besoin d'une très grande solidité pour supporter leur part du poids du corps ; elles peuvent être disposées pour se mouvoir facilement en divers sens. Le radius et le cubitus, tout à fait isolés et mobiles l'un sur l'autre, sont susceptibles, par leur jeu réciproque, de produire des mouvements analogues à ceux du bras de l'homme ; enfin, elles portent des doigts distincts et onguiculés, qui les transforment en mains plus ou moins parfaites : c'est ce qu'on voit chez les singes, les carnassiers et la plupart des rongeurs. Mais les dispositions qui rendent les membres antérieurs aptes à servir d'organes de préhension, s'affaiblissent et se dégradent insensiblement. Déjà les carnassiers ne peuvent plus se servir de ces appendices que pour saisir, fixer et déchirer leur proie ; cependant, plusieurs rongeurs, l'écureuil, par exemple, conservent dans le bras des mouvements qui leur permettent de porter à la bouche les fruits dont ils font leur nourriture. Le rat, le loir, font arriver aussi avec beaucoup de dextérité leur patte sur la tête pour se débarrasser des corpuscules qui les incommodent.

C'est, du reste, en quelque sorte, par exception, que les mammifères se servent de leurs membres antérieurs comme d'organes de préhension. La plupart d'entre eux ont ces membres conformés pour faire l'office de colonnes de soutien, ce qui était indispensable chez les animaux de grande taille. Ces derniers sont généralement herbivores ; leur radius est très fort et constitue l'os principal de l'avant-bras ; leur cubitus, beaucoup plus petit, est presque toujours soudé avec le premier, de sorte que les deux os ne peuvent jouer l'un sur l'autre. Il est cependant quelques exceptions à cet égard, et précisément chez les animaux où elles sembleraient devoir le moins se rencontrer. Ainsi, l'éléphant a un cubitus dont le volume est supérieur à celui du radius ; son extrémité carpienne est même plus volumineuse que l'extrémité correspondante du radius, de plus les deux os sont distincts dans toute leur étendue. Il en est à peu près de même dans le rhinocéros ; néanmoins, ni dans l'un ni dans l'autre de ces pachydermes, les os de l'avant-bras ne peuvent jouer l'un sur l'autre, ni produire, par conséquent, des mouvements de pronation et de supination analogues à ceux de l'homme, des singes et des carnassiers. D'ailleurs, tous les animaux dont les membres antérieurs ne servent pas à la préhension des aliments, sont onguiculés, et ont quelquefois même le pied terminé par un seul doigt renfermé dans un sabot plus ou moins solide.

Quelle que soit, du reste, la conformation des extrémités, dès l'instant qu'elles ne servent pas à la préhension des aliments, d'autres organes, tels que les lèvres, la langue, les dents, les mâchoires, concourent à cet usage.

Le cheval et les autres solipèdes se servent de leurs lèvres et de leurs dents incisives pour prendre, soit le fourrage dans le râtelier ou l'herbe encore fixée au sol, soit l'avoine et les substances très divisées ou pulvérulentes. Leur lèvre supérieure, longue, très mobile et d'une exquise sensibilité, sert à rassembler une touffe d'herbes et à attirer les brins du fourrage ; puis, les dents incisives prennent cette touffe et la détachent ; enfin, la langue la fait parvenir dans le fond de la bouche sous les dents molaires. Ces trois parties agissent successivement, et le concours de chacune est indispensable à l'ingestion des matières alimentaires.

Il est facile, à l'aide d'une expérience de la plus grande simplicité, de mettre en

évidence le rôle spécial des lèvres, des dents et de la langue. En effet, si, au moyen d'un fil assez fort traversant la lèvre supérieure, on renverse celle-ci sur le nez en la maintenant attachée au licol, et si l'on renverse également l'inférieure sous la houppe du menton, on voit que l'animal engage l'extrémité de ses mâchoires entre les barreaux du râtelier et en tire le foin par pincées assez considérables ; mais dès qu'il vient à desserrer les dents, le fourrage n'étant plus soutenu par les lèvres, ne peut parvenir dans sa bouche et tombe ; alors, le cheval en tire une nouvelle pincée, qui tombe, puis une troisième, et ainsi de suite ; de sorte qu'au bout d'un certain temps, il fait tomber devant lui tout le foin qui lui était donné, sans avoir pu en retenir un brin dans sa bouche. Il n'est pas plus heureux lorsqu'il se décide à ramasser ce qui est sur le sol ou dans sa mangeoire : jamais il ne parvient à garder dans sa bouche une parcelle d'aliments, et il est aussi impuissant à retenir l'avoine qu'à faire arriver le foin sous ses molaires.

Les lèvres sont donc indispensables à la préhension chez les solipèdes, et, si elles n'agissent pas, en vain les mâchoires saisissent le fourrage et la langue cherche à l'attirer, pas un brin ne peut parvenir dans le fond de la bouche. La lèvre supérieure tire le foin quand il n'est pas fortement serré ; les deux lèvres le retiennent quand les incisives l'ont pincé et lorsque celles-ci s'écartent pour permettre à la langue de le faire pénétrer dans la cavité buccale (1).

Le bœuf prend les aliments par un mode bien différent de celui des solipèdes. Ce ruminant a une lèvre supérieure courte, épaisse, peu mobile, confondue avec le mufle ; elle n'est ni assez protractile, ni assez souple pour saisir le fourrage. La mâchoire supérieure, dépourvue d'incisives, n'oppose aux incisives mobiles de l'inférieure qu'un bourrelet fibro-muqueux peu résistant. La langue devient le principal instrument destiné à saisir les aliments : longue, très protractile, susceptible de se tordre sur elle-même, recouverte supérieurement de papilles à gaînes cornées, elle est parfaitement bien appropriée à l'office qu'elle doit remplir. Lorsque l'animal pâture, elle sort de la bouche, se porte latéralement, se contourne sur elle-même, embrasse une touffe d'herbes et l'attire vers l'entrée de la bouche ; cette touffe, une fois entre les incisives et le bourrelet de la mâchoire supérieure, est serrée, puis détachée de terre par un mouvement brusque ; enfin, elle est amenée sous les dents molaires. Si le fourrage est sur le sol, l'animal l'attire simplement à l'aide de sa langue et l'amène à sa bouche sans le pincer ; s'il est dans le râtelier, elle s'insinue entre les barreaux pour le saisir. C'est également au moyen de la langue que sont prises les substances pulvérulentes, l'avoine, la farine, par exemple.

Le buffle et le bison prennent leurs aliments de la même manière que le bœuf domestique.

La chèvre et la brebis se servent déjà moins de leur langue que les bêtes bovines, Les premières, dépourvues de mufle, ont la lèvre supérieure plus mince, plus

(1) Le releveur propre de la lèvre supérieure joue un grand rôle dans les mouvements de cette partie, lors de la préhension des aliments. On le voit dans un mouvement presque continuel lorsque, par exemple, le cheval cherche à démêler les épis d'une botte de paille. Ses contractions sont alors tellement multipliées que leur nombre s'élève de quatre-vingt-dix à cent vingt par seconde.

libre et plus mobile; aussi cette lèvre commence-t-elle à remplir les usages qu'elle a chez le cheval et surtout chez le lama et le dromadaire. Les petits ruminants, le mouflon, la gazelle, les antilopes, s'en servent principalement pour prendre les aliments secs et les substances très divisées; mais lorsqu'ils sont au pâturage, ils pincent l'herbe entre le bourrelet fibro-muqueux de la mâchoire supérieure et les incisives inférieures qui sont redressées et tranchantes; et, une fois qu'ils l'ont saisie ainsi, ils la coupent très près de la racine.

Le chien et le chat prennent les aliments solides à l'aide de leurs mâchoires et de leurs dents. Souvent ils fixent contre le sol avec leurs pattes de devant les os qu'ils rongent ou les morceaux de chair qu'ils déchirent. Leurs incisives agissent alors, les supérieures relativement aux inférieures, comme de véritables pinces coupantes, et leurs canines, longues et recourbées, déchirent ou dilacèrent la proie. La plupart des carnivores sauvages, le lion, la panthère, l'ours, se couchent en sphinx pour déchirer leur proie; ils la fixent entre les pattes de devant qui, à certains moments, se regardent par leur face palmaire, et qui, à d'autres, demeurent dans la pronation; puis ils saisissent entre les dents les parties qu'ils coupent ou qu'ils arrachent ensuite. La langue de ces animaux, rude dans plusieurs espèces, enlève comme le ferait une râpe les parties adhérentes aux os; et souvent les pattes, qu'ils lèchent ensuite, déchirent elles-mêmes des lambeaux assez considérables.

Ces animaux prennent, comme nous le verrons bientôt, les liquides d'une manière toute différente.

Le porc et le sanglier, qui sont destinés à se nourrir principalement de racines charnues et de fruits, ont l'extrémité du museau transformée en un organe qu'on appelle le groin. Chez ces pachydermes, les mâchoires sont effilées, les os du nez arrivent presque au niveau des dents incisives; la cloison cartilagineuse du nez porte, entre l'épine nasale et les intermaxillaires, un petit os qu'on appelle l'os du boutoir; la lèvre supérieure se confond avec ce prolongement charnu, dans lequel sont percées les narines, prolongement mû par des muscles très forts et terminé par une sorte de disque à rebord proéminent. C'est à l'aide de ce groin que l'animal fouge le sol, le creuse, le laboure en quelque sorte, pour y chercher les racines que son odorat lui a fait découvrir : son encolure, courte et forte, lui permet de développer une grande énergie dans cet acte. Quand le porc prend ses aliments dans une auge ou à la surface du sol, on le voit toujours manifester une tendance à fouger; il enfonce son groin dans le tas pour commencer à manger dans les parties profondes. S'il est obligé de ramasser des grains ou de la farine, son groin est toujours en contact avec le sol, et il l'emploie pour attirer en arrière, amener vers l'ouverture de la bouche et vers la lèvre inférieure, courte et pointue, les parcelles qu'il veut manger, et que ses dents ne pourraient pas saisir autrement. S'il a un morceau de chair à sa disposition, il y applique souvent un pied de devant et quelquefois les dents en même temps; il le saisit entre les dents incisives, puis secoue la tête afin de détacher le fragment qu'il serre : si son pied vient à glisser, il le replace immédiatement, et dès qu'il a avalé la portion détachée, il en reprend une autre de la même manière, et ainsi de suite.

Chez d'autres animaux, la préhension des aliments s'effectue par des moyens plus ou moins analogues à ceux que nous venons d'indiquer. Ainsi le rhinocéros,

par sa lèvre supérieure qui se projette en avant et s'allonge en pointe vers son milieu, saisit le fourrage et l'amène à l'entrée de la bouche avec une dextérité remarquable. C'est à l'aide de sa lèvre supérieure, mince et fendue, que le dromadaire, dont la langue n'a pas de papilles très rudes, saisit les fourrages et les feuilles des arbres. La girafe emploie à cet usage sa langue noire, excessivement protractile, et d'une mobilité étonnante. L'éléphant se sert de sa trompe pour prendre à la surface du sol les aliments que sa bouche n'aurait pu atteindre à cause de la brièveté du cou. Les fourmiliers, les pangolins et autres édentés prennent avec leur langue visqueuse, qu'ils dardent hors de la bouche, les insectes qui font leur nourriture. Divers reptiles, le caméléon, la grenouille, le crapaud emploient aussi la leur au même office. Chez les oiseaux qui n'ont pas de mastication buccale, le bec, qui est l'organe ordinaire de la préhension, est parfaitement approprié à la nature des matières dont l'animal se nourrit. Ceux qui vivent d'insectes l'ont grêle et effilé, comme un grand nombre de passereaux; ceux qui font usage de grains l'ont généralement court et obtus, ainsi que cela se voit dans les gallinacés. Les palmipèdes ont cet organe large et pourvu de dentelures; les échassiers, beaucoup plus long et plus effilé pour s'enfoncer dans la vase des rivages; enfin il est recourbé, crochu et très fort chez les oiseaux de proie qui doivent s'en servir pour déchirer les cadavres ou tuer les petits animaux.

Les animaux inférieurs, et surtout les insectes, nous offriraient des procédés fort curieux de la préhension des aliments, s'il entrait dans notre cadre de les examiner ici, mais nous devons les passer sous silence.

II. DE LA PRÉHENSION DES LIQUIDES.

La préhension des liquides se fait chez les mammifères d'après plusieurs modes distincts. Je crois qu'on peut en reconnaître quatre, savoir : 1° la *succion* ou l'action de sucer, telle qu'elle s'opère chez les animaux à la mamelle ; 2° le *pompement* ou l'action de boire, les lèvres étant immergées dans le liquide, et le vide se faisant dans la bouche par les mouvements de la langue ; 3° l'*aspiration* ou l'action de humer, dans laquelle le vide se fait non pas seulement dans la bouche, mais encore dans les voies respiratoires ; 4° enfin le *lappement* ou l'action de lapper, propre à certains animaux, les chats par exemple.

La *succion* est l'action par laquelle les jeunes animaux font parvenir dans leur bouche le lait de leur mère. Pour cela ils saisissent le mamelon entre leurs lèvres, exactement rapprochées, et souvent entre leurs dents : la bouche étant alors exactement fermée par les lèvres et remplie par la langue, l'animal fait mouvoir cette dernière en la raccourcissant et la retirant, à peu près comme le fait un piston dans une pompe aspirante. Par suite de ce mouvement, de cette rétraction de la langue, un certain vide tend à s'opérer dans la cavité buccale, et le lait y est attiré, étant poussé du reste par la pression atmosphérique qui s'exerce sur les mamelles. Dans cette opération, le vide se fait donc dans la bouche et non dans les voies aériennes, qui alors n'ont pas de communication avec cette dernière cavité à cause du voile du palais abaissé et appliqué par son bord libre à la base de l'épiglotte.

Lorsqu'une certaine quantité de liquide est arrivée dans la bouche, la succion

s'arrête momentanément, la respiration se suspend, selon M. Bérard (1), le liquide est dégluti, puis la succion recommence.

Dans ce premier mode de préhension, c'est donc dans la bouche et par la bouche seulement que se fait le vide; la respiration, comme le dit Dugès (2), n'a rien à faire à ce mécanisme, et l'on comprend sans peine que les jeunes cétacés puissent teter leur mère dans l'eau comme ils le feraient dans les circonstances ordinaires.

Le *pompement* est l'action de boire, les lèvres étant plongées dans le liquide; c'est le mode ordinaire de préhension des boissons chez les solipèdes, les ruminants et la plupart des herbivores. Lorsqu'il s'opère, les animaux plongent plus ou moins l'extrémité de la tête dans l'eau, mais jamais assez pour que les naseaux baignent dans le liquide. Alors il se fait, comme lors de la succion, un vide dans l'intérieur de la bouche, et l'eau, pressée par l'air, monte pour remplir ce vide qui tend à se former, sans cependant se produire en réalité. Il est indispensable, dans cette circonstance, que les lèvres soient exactement rapprochées (3) au-dessus de leur partie inférieure qui est plongée dans l'eau. Si elles ne peuvent se mettre parfaitement en contact l'une avec l'autre, comme on le voit chez quelques chevaux dont la lèvre inférieure a été échancrée par la pression du mors, l'air s'engouffre avec le liquide et rend l'action de boire plus ou moins bruyante. Ce dernier effet se produit aussi lorsqu'on engage entre les lèvres un tube dont l'extrémité libre est en dehors du liquide. Le mécanisme du pompement, tel que je l'indique, rapproche beaucoup ce mode de celui de la succion. Pourtant quelques physiologistes ne l'envisagent pas ainsi. Dugès (4) prétend, par exemple, que les ruminants et les solipèdes boivent en humant, c'est-à-dire qu'ils ne forment le vide dans la bouche que par le moyen du thorax. Mais la preuve que ce vide n'est nullement le résultat, même partiel, d'une action aspiratrice du thorax se trouve donnée par une expérience de M. Poncet, laquelle consiste à ouvrir la trachée au milieu du cou, et à fermer avec de l'étoupe, d'une part les narines, d'autre part l'extrémité supérieure du conduit trachéal. Évidemment alors, l'intervention de la poitrine n'est pas possible; néanmoins l'animal boit comme auparavant. On savait cela, du reste, par le fait des chevaux auxquels on a pratiqué la trachéotomie.

L'*aspiration*, ou l'action de humer, s'opère par suite du vide qui tend à se produire dans les voies aériennes. La bouche n'est pas alors exactement fermée ni plongée entièrement dans le liquide; elle est même assez ouverte pour que l'air soit aspiré en même temps que le liquide. Ces deux fluides pénètrent en même temps dans la cavité buccale; tous les deux passent dans le pharynx facilement, puisque le voile du palais est soulevé; mais arrivés là ils se séparent pour changer de route et pénétrer l'un dans le larynx, l'autre dans l'œsophage. Cette action est bruyante et saccadée; bruyante par suite des vibrations de l'air qui s'engouffre dans la bouche avec le liquide, et saccadée, attendu que l'aspiration ne peut être pro-

(1) *Phys.*, t. II, p. 509.
(2) Dugès, *Traité de physiologie*, t. II, p. 316.
(3) Mais il n'est pas nécessaire qu'elles soient entièrement submergées avec les commissures, comme le disent quelques physiologistes.
(4) T. II, p. 314 et 315.

longée un certain temps sans intervertir le rhythme des mouvements respiratoires. Certains animaux prennent leurs boissons de cette manière, et quelques uns en faisant succéder à de courts intervalles le pompement opéré par la bouche à l'aspiration produite par le thorax. Ainsi on voit souvent le porc pomper doucement et sans bruit l'eau de vaisselle qui remplit son auge, et un instant après la humer bruyamment et par saccades plus ou moins rapprochées.

Le *lappement* est un mode de préhension des liquides moins commun que les premiers. Il s'observe chez les carnivores, tels que le chien et surtout le chat. Ces animaux, ayant la bouche proportionnellement plus fendue que les herbivores, ne pourraient plonger leurs lèvres jusqu'aux commissures sans que leurs narines fussent en même temps immergées. C'est là peut-être la principale cause du mode suivant lequel ils prennent les liquides. Le chien ou le chat qui boit, plonge sa langue dans l'eau, puis la retire brusquement en la recourbant, de sorte qu'il ramène et lance dans la bouche le liquide qui s'était ramassé sur la face supérieure de cet organe, devenue creuse comme une cuiller. C'est par une succession très rapide de ces projections qu'il lappe en peu d'instants une quantité notable de liquide. Le lion lappe, suivant la remarque très exacte de Buffon, en recourbant sa langue vers la face inférieure, contrairement à ce qui se passe chez le chat. Néanmoins c'est de tous les moyens que nous avons indiqués le plus lent, et il pouvait être tel sans inconvénient chez les carnivores, qui en général boivent très peu, ainsi que chacun le sait.

La préhension des liquides offre des particularités fort remarquables dans la série animale, par suite de la disposition des parties chargées de l'effectuer ; mais quelle que soit leur configuration, ces parties fonctionnent toujours d'après l'un des modes précédemment indiqués. Ainsi, l'éléphant boit en se servant de sa trompe : dès qu'il inspire, le vide tend à se faire dans le double tuyau de cet appendice, et l'eau y monte ; puis l'animal recourbe cet organe, fait une forte expiration qui projette dans la bouche le liquide introduit dans les narines. La trompe agit absolument comme la pompe aspirante et foulante. Les oiseaux boivent, pour la plupart, d'une manière assez singulière ; ils plongent le bec dans l'eau, en remplissent leur mandibule inférieure, relèvent la tête et avalent ce qui a pénétré dans la bouche, puis ils recommencent un plus ou moins grand nombre de fois la même opération. Les ramiers, la tourterelle, ainsi que l'avait noté Aristote (1), le pigeon, d'après Pline, et les oiseaux de proie, suivant divers observateurs modernes, ne relèvent pas le bec en buvant comme les autres animaux de leur classe. Les animaux inférieurs possèdent, pour la préhension des liquides, soit une trompe comme les guêpes, les abeilles et les autres hyménoptères, soit un suçoir, de même que les différents lépidoptères, soit une ou plusieurs ventouses comme les sangsues, les ténias. Quelques uns, enfin, ont un appareil composé de petits stylets renfermés dans une gaîne spéciale, et d'autres, un simple tube à parois contractiles.

(1) Liv. IX, p. 555.

CHAPITRE XXIII.

DE LA MASTICATION.

On donne ce nom à la division ou au broiement que les matières alimentaires éprouvent dans la cavité buccale par l'action des mâchoires munies de leurs dents, et mises en mouvement par des muscles spéciaux.

Cette opération, qui prépare les aliments à subir les modifications qui leur sont imprimées dans l'estomac ou l'intestin, ne s'effectue pas, à beaucoup près, dans tous les animaux ; elle n'a guère lieu, parmi les vertébrés, que chez les mammifères. Les autres animaux de cet embranchement, les oiseaux, les reptiles et les poissons, bien que quelques uns aient des dents, ne broient pas leurs aliments avant de les déglutir.

Elle est inutile pour les animaux qui se nourrissent de substances liquides ou très molles, et elle n'est point indispensable à ceux qui font usage de matières animales faciles à digérer. Un très grand nombre d'animaux qui vivent de vers, de coquillages, d'insectes, de poissons ou de petits mammifères, les avalent sans les avoir préalablement divisés. Ceux, au contraire, qui vivent de matières végétales, telles que les grains, les racines, les herbes ou les fourrages desséchés, ont besoin de les ramollir, de les diviser et de les atténuer, parce qu'elles résistent beaucoup à l'action dissolvante des sucs gastriques et intestinaux. Si quelques animaux, comme les oiseaux *granivores*, semblent faire exception à cette règle, c'est qu'ils ont un estomac très musculeux spécialement chargé de la trituration des aliments qui n'ont pas été broyés dans la bouche. Aussi, à cause de cela, peut-on, à l'exemple de plusieurs physiologistes, reconnaître deux espèces de mastication, l'une *buccale*, volontaire, opérée par les mâchoires et les dents; l'autre, *gastrique*, involontaire, produite par un estomac organisé exceptionnellement pour remplir cet office.

La mastication, bien qu'elle soit un acte fort simple et purement mécanique, résulte de la coopération d'un grand nombre de parties dont le jeu complexe est fort varié, même parmi nos seuls animaux domestiques. Pour en faire une étude complète, nous envisagerons successivement : 1° la disposition de l'appareil masticateur avec ses principales variétés ; 2° le jeu des mâchoires et leurs différents mouvements ; 3° l'action des dents, de la langue, des lèvres et des joues dans la mastication ; 4° la durée et l'utilité de cet acte préparatoire (1).

I. DISPOSITIONS GÉNÉRALES DE L'APPAREIL DE LA MASTICATION.

Cet appareil se compose de trois ordres de parties, les unes passives, qui sont les os des mâchoires et les dents; les autres actives, ou les muscles destinés à mouvoir les mâchoires ; les troisièmes auxiliaires, la langue, les lèvres, les joues, qui

(1) M. Flourens (*Leçons orales*, 1851) admet cette distinction que M. Bérard repousse avec Burdach. Cependant elle me paraît juste et bonne à conserver en physiologie comparée.

empêchent l'aliment de sortir de la bouche en le ramenant entre les dents qui doivent le diviser.

Les mâchoires sont au nombre de deux : l'une *supérieure*, immobile et soudée avec le crâne : elle a pour base les grands et les petits sus-maxillaires ; l'autre *inférieure*, constituée par un seul os dont les deux parties sont tantôt réunies, tantôt séparées. Ces deux mâchoires sont articulées l'une avec l'autre, de manière à pouvoir s'écarter et se rapprocher, et dans quelques animaux, jouer d'avant en arrière ou latéralement.

Elles portent à leur extrémité antérieure les dents incisives, un peu plus loin les canines, et tout à fait en arrière, les molaires. Ces trois espèces de dents ont, tout à la fois, une situation, une forme et des usages distincts. Disposées ainsi que nous le verrons bientôt, elles servent, les premières, à inciser, à couper ; les secondes, à déchirer ; les troisièmes, à écraser ou à broyer les aliments. L'existence de ces trois espèces de dents n'est pas constante chez tous les mammifères, et la forme très variable que ces parties offrent, les met en harmonie avec le régime propre à chaque animal.

Les muscles moteurs des mâchoires sont ordinairement au nombre de cinq de chaque côté : le crotaphite, le masséter, les deux ptérygoïdiens et le digastrique. Il s'ajoute à ceux-là, chez les solipèdes, un sixième muscle qui est le stylo-maxillaire. Ces organes, en général plus puissants chez les carnassiers que chez les herbivores, produisent, les uns, l'écartement, les autres, le rapprochement des mâchoires. D'autres sont spécialement chargés des mouvements d'avant en arrière et des mouvements latéraux ; enfin, il en est qui peuvent, par suite de leur disposition et de la conformation des surfaces articulaires, opérer à la fois plusieurs de ces mouvements.

En jetant un coup d'œil sur la disposition des parties qui forment l'appareil de la mastication, on voit qu'elle n'est point chez les carnassiers ce qu'elle est chez les herbivores, et que, parmi ces derniers, elle offre des modifications très notables, surtout chez les rongeurs, les pachydermes, les solipèdes et les ruminants.

Les carnassiers ont, en général, les mâchoires très courtes, pourvues de trois sortes de dents : leurs incisives sont minces, aiguës, leurs canines longues et recourbées, leurs molaires hérissées de pointes coniques. Leur arcade zygomatique est fortement arquée et très éloignée du crâne, leur fosse temporale est large et profonde ; leurs masséters et surtout leurs crotaphites sont énormes. Le condyle maxillaire est semi-cylindrique et transversal, la cavité glénoïde qui le reçoit et l'emboîte exactement est très profonde. Les mâchoires ne peuvent exécuter que des mouvements d'écartement et de rapprochement : tous les autres leur sont impossibles. Elles sont admirablement disposées pour permettre à l'animal de saisir, tuer et déchirer sa proie, et leurs formes se modifient de manière à être constamment en rapport avec la nature des matières animales qui font la nourriture de chaque espèce carnassière.

Les herbivores ont les mâchoires ordinairement plus longues et plus faibles ; ils ont des incisives peu tranchantes, manquent quelquefois de canines, ou s'ils en ont, elles sont courtes, peu courbées et impropres à déchirer ; leurs molaires sont larges, à surface plane, et disposées pour le broiement des matières végétales ; leurs fosses temporales sont moins larges et moins profondes ; leurs arcades zygomatiques courtes et faiblement arquées ; leurs muscles masséters et crotaphites, plus

faibles, agissent sur des leviers moins bien disposés pour favoriser leur puissance; l'articulation temporo-maxillaire est placée bien au-dessus du niveau des dents molaires, et configurée pour permettre aux mâchoires d'exécuter, outre les mouvements d'écartement et de rapprochement, d'autres mouvements horizontaux, soit de prépulsion, de rétropulsion, soit de diduction. Mais, parmi ces derniers animaux, l'appareil masticateur offre des modifications assez remarquables et parfaitement caractérisées, qui peuvent se rattacher à trois types principaux.

L'un de ces types appartient aux rongeurs. Les mammifères de cet ordre n'ont que deux sortes de dents : deux incisives à la mâchoire supérieure et deux à l'inférieure ; point de canines, des molaires à couronne plate, des fosses temporales très petites, des arcades zygomatiques faibles et peu éloignées du crâne; leur condyle maxillaire, au lieu d'être transversal, est allongé d'avant en arrière ; la cavité glénoïde qui le reçoit forme une sorte de canal ou de gouttière dirigée dans le même sens. Tout, en un mot, dans la configuration des surfaces articulaires et dans la direction des muscles, est disposé pour permettre des mouvements très étendus d'avant en arrière et d'arrière en avant, qui constituent le principal caractère de la mastication des rongeurs.

Le second de ces types se trouve chez les ruminants. Ceux-ci ont aussi la mâchoire longue et faible ; ils manquent, la plupart, de canines et d'incisives à la mâchoire supérieure ; leurs molaires sont à couronne plate ; leurs arcades zygomatiques minces ; leurs fosses temporales étroites ; le condyle, allongé transversalement, est en rapport avec une surface plane ou convexe qui lui permet de se mouvoir d'avant en arrière et latéralement. Ce sont surtout les mouvements latéraux ou de diduction qui caractérisent la mastication des animaux de cet ordre.

Enfin, le troisième type tient en quelque sorte le milieu entre les deux autres : on l'observe chez les pachydermes et les solipèdes. Ces derniers ont tous trois sortes de dents : la longueur de leurs mâchoires et la force des muscles sont assez variables ; mais l'articulation temporo-maxillaire est tellement disposée qu'elle permet des mouvements antéro-postérieurs, comme chez les rongeurs, et des mouvements latéraux, comme chez les ruminants ; seulement, ces deux espèces de mouvements sont infiniment moins étendus que chez les animaux dont ils caractérisent la mastication.

Maintenant que nous connaissons les dispositions essentielles de l'appareil masticateur, voyons comment il agit et de quelle manière s'exécutent ses divers mouvements.

II. MOUVEMENTS DES MACHOIRES (1).

Ils sont au nombre de cinq : l'*écartement*, le *rapprochement*, la *prépulsion*, la *rétropulsion* et la *diduction*. Les deux premiers appartiennent à tous les animaux, et sont les seuls qui se produisent chez les carnassiers; les autres s'observent en plus, dans de certaines limites, chez les omnivores et les herbivores. Nous allons

(1) « Le genre de vie de chaque animal est toujours en rapport avec les mouvements dont la mâchoire est susceptible. » Cuvier, t. IV, p. 35.

les examiner successivement sous le rapport de leurs caractères, de leur étendue e de leur mécanisme.

1° **De l'écartement.** — Il est produit par l'abaissement de la mâchoire inférieure, et en partie, peut-être, chez quelques animaux, par l'*élévation* de la mâchoire supérieure.

Dans ce mouvement, le condyle maxillaire tourne sur son axe d'arrière en avant. Sa partie la plus postérieure qui, dans le rapprochement, touche, chez le cheval, à l'*apophyse sus-condylienne*, se porte en avant, et d'autant plus que l'abaissement devient lui-même plus considérable. Le sommet de l'apophyse coronoïde se projette antérieurement, s'abaisse et s'éloigne de la base de l'arcade zygomatique ; enfin, la mâchoire inférieure s'éloigne de la supérieure, en décrivant, par son extrémité libre, un arc de cercle plus ou moins étendu. Les deux mâchoires laissent alors entre elles un écartement triangulaire, d'une étendue variable, suivant les animaux. On sait que chez les carnassiers, il est bien plus grand proportionnellement que chez les autres animaux, et cela devait être, à cause du volume souvent considérable de la proie dont se nourrissent les premiers ; il est, au contraire, assez faible chez les herbivores, si ce n'est lorsqu'ils bâillent et lorsqu'ils respirent par la bouche, comme cela se voit sur le bœuf et même sur le cheval après la section des nerfs pneumogastriques. Dans tous les cas, il ne peut guère y avoir chez ce dernier, entre les incisives supérieures et les inférieures, qu'un écartement de 8 à 10 centimètres.

Cet écartement des mâchoires résulte, pour les herbivores, du simple abaissement de la mâchoire inférieure ; il est produit, en partie, chez les carnivores, le chien notamment, par l'élévation du crâne et de la mâchoire supérieure sur l'encolure ; car, si l'on fixe le menton d'un chien à une tige immobile, on voit encore la bouche s'ouvrir presque aussi largement qu'auparavant par la seule élévation de la mâchoire supérieure.

L'abaissement de la mâchoire inférieure est produit chez tous les animaux par le muscle digastrique, et, de plus, chez les solipèdes, par un muscle particulier, le stylo-maxillaire, qu'on ne trouve pas chez les autres ; mais qui n'est, en réalité, qu'une branche courte du premier. Ce muscle, qui porte toujours le nom de digastrique, bien qu'il n'ait souvent qu'un seul renflement charnu, comme chez le lièvre et le lapin, ou même point de tendon, comme chez le chien, est proportionnellement faible relativement au rôle qu'il doit remplir. Par suite de sa direction, qui est presque parallèle à la ligne des molaires et à l'axe des branches du maxillaire, et par le fait de la situation postérieure de son point fixe, il semble devoir porter un peu en arrière la mâchoire à mesure qu'il l'abaisse. Cependant, l'examen du jeu de l'articulation temporo-maxillaire démontre clairement qu'il détermine une légère projection en avant du condyle et, par conséquent, un mouvement de prépulsion.

Le digastrique agit sur un levier du troisième genre. Le bras de la puissance, qui est très long, place ce muscle dans des conditions tout à fait exceptionnelles, et d'autant plus avantageuses que l'écartement des mâchoires est porté plus près de ses limites. On conçoit qu'une grande étendue de bras de levier était nécessaire à des muscles généralement aussi grêles, et ce bras de levier semble s'allonger à mesure que le muscle perd de son volume : en effet, celui-ci s'insère bien plus en avant

chez le bœuf, le mouton et le cheval, où il est petit, que chez le chien, le chat, où il est proportionnellement plus fort.

Quelques autres muscles ont été aussi considérés comme contribuant à l'abaissement de la mâchoire inférieure. On a fait jouer ce rôle chez l'homme au mylo-hyoïdien, au génio-hyoïdien et au ptérygoïdien externe ; et l'on a dit que chez les animaux, le sterno-maxillaire avait la même fonction. Mais si l'on considère que, dans le cheval, ce dernier se termine assez haut sur la branche ascendante du maxillaire, on voit qu'il pourrait tout au plus contribuer à la rétropulsion (1) ; si de plus, on se rappelle que, dans les ruminants, son tendon s'accole au bord antérieur du masséter pour s'implanter avec lui au tubercule maxillaire (de la mâchoire supérieure), on restera convaincu que c'est bien gratuitement qu'on lui a donné une part à l'abaissement de la mâchoire inférieure.

Le poids de la mâchoire peut rendre cet abaissement plus facile chez les animaux qui ont la tête presque horizontale ou très oblique ; il est évidemment sans influence notable chez les autres.

Le digastrique est donc, en réalité, le seul muscle abaisseur de la mâchoire inférieure ; c'est l'unique antagoniste du crotaphite, du masséter et des ptérygoïdiens réunis. Il n'agit évidemment que lorsque ces derniers sont dans le relâchement ; la contraction du plus petit d'entre eux suffirait à neutraliser la sienne.

2° **Du rapprochement.** — Lorsque la mâchoire inférieure, après avoir été abaissée, s'élève vers la supérieure, le condyle maxillaire tourne sur son axe d'avant en arrière ; le fond de l'échancrure corono-condylienne qui s'était éloigné du bord antérieur du condyle temporal s'en rapproche ; le sommet de l'apophyse coronoïde remonte et se porte en arrière.

Pour l'abaissement de la mâchoire, il avait suffi d'un seul muscle ; il en faut un grand nombre pour produire son élévation, car c'est tout à la fois le poids de la mâchoire et la résistance placée entre les dents que les muscles élévateurs doivent vaincre.

Ces muscles pairs sont : le *crotaphite*, le *masséter* et les deux *ptérygoïdiens*. Ils contribuent chacun, pour une part différente, à l'action commune.

Le crotaphite, qui est le muscle élévateur principal chez les carnassiers, où il surpasse, à lui seul, le volume de tous ses congénères réunis, est inférieur au masséter chez les herbivores, notamment les solipèdes et les ruminants. Il remplit toute la fosse temporale, dont l'étendue est si considérable chez les premiers, et y vient rejoindre sur la ligne médiane celui du côté opposé, dont il demeure fort éloigné dans le bœuf, le porc, le lapin, etc. Né sur l'immense surface de la fosse et sur ses bords, il se continue, sans nulle démarcation en dedans de l'arcade zygomatique, avec le masséter externe qui, en réalité, n'en est que la partie inférieure. Son insertion a lieu au sommet et sur les deux faces de l'éminence coronoïde jusque tout près de la dernière molaire dans plusieurs animaux, les solipèdes, par exemple. Par suite de cette disposition, il agit bien plutôt sur un levier du troisième genre que sur un levier du premier, ainsi qu'on l'a dit quelque part. En effet, cela est évident

(1) M. Lecoq, dans son *Traité d'extérieur* et dans ses leçons, nie avec raison la participation du sterno-maxillaire à l'abaissement de la mâchoire chez les solipèdes.

chez les animaux tels que le lièvre, le lapin, qui ont le condyle très élevé et l'apophyse coronoïde courte et placée plus bas que le condyle; cela est presque aussi sensible chez le porc, dont l'apophyse coronoïde, très courte et assez éloignée du condyle, s'élève peu au-dessus de ce dernier. Enfin, si l'on se rappelle que la majeure partie des fibres s'insère plus ou moins au-dessous et en avant du sommet de l'apophyse coronoïde (1), on sera convaincu que c'est bien sur un levier du troisième genre que le crotaphite agit : le point d'appui ou le centre du mouvement est à l'articulation, la puissance en avant de celle-ci, et la résistance sous les incisives ou les molaires. Néanmoins, comme une certaine quantité de fibres s'insèrent au sommet de l'apophyse, elles agissent sur un levier du premier genre. On conçoit, du reste, que plus l'apophyse sera large et éloignée du condyle, plus la puissance du crotaphite sera favorisée, c'est ce qui arrive effectivement chez les animaux carnassiers.

Ce muscle, très énergique en raison du nombre considérable des fibres qui naissent d'une surface très étendue, n'est pas seulement un élévateur de la mâchoire: en raison de son obliquité générale, il contribue à la rétropulsion, soit qu'il agisse seul, soit qu'il se contracte avec celui du côté opposé; de plus, en agissant seul, il peut participer aux mouvements de diduction quand il a une portion orbitaire, comme chez le lapin et le cheval.

Le masséter est un deuxième élévateur très énergique et d'autant plus fort, suivant la remarque de Cuvier, que le crotaphite est moins développé : c'est l'élévateur principal chez les herbivores. Il naît du bord inférieur et de la face interne de l'arcade zygomatique en se continuant avec le crotaphite : ce sont ses seuls points d'origine dans les carnivores. Il procède, en outre, de l'épine zygomatique chez les solipèdes, et du tubercule maxillaire chez les ruminants; puis s'insère dans une fosse spéciale de la face externe du maxillaire, et à l'éminence sous-condylienne dans les carnivores; sur toute la partie postérieure de la branche du maxillaire dans les autres. Ses fibres sont, pour la plupart, les antérieures surtout, obliques de haut en bas et d'avant en arrière.

Il agit toujours, ainsi que l'a fait judicieusement observer M. Lecoq (2), sur un levier du troisième genre, et non tantôt sur un levier du second genre, et tantôt sur un levier du troisième, suivant la situation de l'aliment. Ce muscle arrivant à peine, par son bord antérieur, au niveau de la dernière molaire, chez les carnassiers, et recouvrant seulement une ou deux de ces dents chez les solipèdes et les ruminants, doit, de toute évidence, agir constamment sur un levier du troisième genre, lors même que la substance à broyer est sous les dernières molaires, car la ligne d'action, ou la résultante de la contraction de ses fibres, passe bien en arrière de la dernière dent, et par conséquent, entre la résistance et le point d'appui articulaire. Ce levier, représenté par le maxillaire, donne à la puissance du masséter un bras étendu depuis le centre de l'articulation temporo-maxillaire jusqu'au niveau de la

(1) Chez le cheval une portion du crotaphite va à la face interne de l'apophyse coronoïde jusqu'à 3 ou 4 centimètres loin de la dernière molaire. Cette portion est énorme et descend très bas chez le bœuf et le lapin : elle forme en quelque sorte un troisième ptérygoïdien.

(2) Ext. 1re et 2e édit., p. 339. On voit le muscle se rider sous la peau quand l'animal mange et pendant qu'il rapproche les mâchoires; ses rides ont précisément la direction des fibres musculaires.

ligne d'action du muscle, tandis qu'il laisse à la résistance un autre bras constamment plus long que le premier. Celui-ci a toute la longueur de la mâchoire lorsque l'aliment est placé entre les incisives, et il diminue à mesure que cet aliment s'engage plus avant dans la bouche. La réduction graduelle du bras de la résistance, à mesure que les matières à broyer s'avancent plus près de la dernière molaire, suffit seule à accroître dans des proportions considérables la puissance déployée par le masséter.

Les ptérygoïdiens externe et interne, surtout le dernier, qui est ordinairement, de beaucoup, le plus considérable, sont aussi des élévateurs. Ils sont forts dans les solipèdes et les ruminants, de même que dans le lièvre et le lapin, et semblent confondus en un seul chez le chien. Leur bord antérieur étant constamment placé en arrière de la dernière molaire, ne permet pas de douter qu'ils n'agissent constamment sur un levier du troisième genre dans lequel le bras de la puissance est plus court que pour le masséter externe.

Ces deux muscles ayant leur point fixe plus rapproché de la ligne médiane que leur insertion, deviennent les agents essentiels des mouvements latéraux ; de plus, l'externe contribue en même temps à la prépulsion.

Le nombre et le volume des muscles élévateurs de la mâchoire font supposer que leur force est très considérable. Celle-ci est d'autant plus favorisée que les mâchoires sont plus courtes et que la résistance se trouve plus reculée vers les dernières molaires. La brièveté des mâchoires diminue l'étendue du bras de la résistance, sans raccourcir celui de la puissance qui est alors augmenté relativement, et la situation reculée de l'aliment produit un effet analogue. Aussi, conçoit-on bien, d'après cela, la force énorme des mâchoires courtes des carnivores et la faiblesse relative des mâchoires allongées des herbivores. Cette force difficile à déterminer est infiniment plus considérable que celle déployée par les mâchoires de l'homme, et que divers physiologistes, Borrelli, Haller (1) ont tenté d'évaluer. Mais qui oserait mesurer celle qui est développée par l'hyène lorsqu'elle broie les os, ou celle du lion quand il déchire sa proie ?

Les deux mouvements que nous venons d'examiner se produisent nécessairement dans tous les animaux. Ce sont les seuls qui s'effectuent chez les carnassiers : à ceux-là s'en ajoutent d'autres chez un grand nombre d'espèces. Nous allons les passer en revue.

3° **De la prépulsion.** — Dans ce mouvement, qui est très faible chez les solipèdes et les ruminants, tandis qu'il est très étendu chez les rongeurs, le condyle maxillaire se porte en avant, glisse sur la surface glénoïde du temporal en s'éloignant de l'apophyse sus-condylienne, quand elle existe ; l'apophyse coronoïde s'éloigne de la base de l'arcade zygomatique et se dirige vers la partie antérieure de la fosse temporale ; enfin, l'extrémité libre de la mâchoire inférieure vient dépasser plus ou moins celle de la mâchoire supérieure.

Ce mouvement est impossible chez les carnassiers, à cause de la disposition de la cavité glénoïde qui, par ses bords antérieur et postérieur, enclave le condyle et l'empêche de se mouvoir dans le sens antéro-postérieur. Il commence à être possible dans le bœuf, le mouton, le cheval, dont la cavité glénoïde n'est pas limitée en avant,

(1) M. Bérard, t. I, p. 622.

mais seulement en arrière par l'apophyse sus-condylienne. Il devient déjà assez étendu dans le porc, qui a un condyle triangulaire dont les mouvements ne sont bornés en arrière que par une petite crête. Enfin, il est porté à son maximum dans les rongeurs : chez ces derniers, tout est disposé pour le rendre aussi étendu et aussi facile que possible ; le condyle est allongé d'avant en arrière et porte un petit renflement à son extrémité antérieure ; sa cavité de réception est une gouttière allongée dans le même sens, et qui n'est point bornée ni à l'une ni à l'autre de ses extrémités.

Le mouvement de *prépulsion* n'a pas de muscles particuliers : ses agents sont le masséter et le ptérygoïdien externe. Le masséter est par son bord antérieur oblique de haut en bas et d'avant en arrière ; ses fibres le sont dans le même sens, ou, en d'autres termes, son attache à l'extrémité de l'épine zygomatique est toujours antérieure à sa terminaison au maxillaire. Cette obliquité, qui existe déjà chez les carnassiers, comme si elle devait y servir à quelque chose, est surtout très grande dans le bœuf et les rongeurs ; elle permet au masséter de tirer en avant la mâchoire inférieure, en même temps qu'il l'élève vers la supérieure, et de déterminer, par conséquent, la prépulsion, quand le jeu du condyle n'est pas mécaniquement limité en avant. Le ptérygoïdien externe, qui naît en dehors des apophyses ptérygoïdes, et qui se porte à la face interne du maxillaire tout près du condyle, dans un point postérieur à son origine, est aussi incontestablement un agent de prépulsion. On pourrait même considérer ce muscle comme un organe spécial de ce mouvement, bien qu'il serve aussi à l'élévation et à la diduction.

4° **De la rétropulsion.** — Après que la mâchoire inférieure a été portée horizontalement en avant, elle est ramenée en arrière : l'apophyse coronoïde se rapproche de la base de l'arcade, et le condyle vient heurter ce qu'on appelle chez les solipèdes l'éminence sus-condylienne. Ce mouvement, diamétralement opposé à la prépulsion, ne s'observe que dans les espèces chez lesquelles ce dernier se produit ; ils alternent nécessairement l'un avec l'autre, comme l'écartement alterne avec le rapprochement.

Il semble, à première vue, que le digastrique et le stylo-maxillaire soient les agents destinés à déterminer ce mouvement ; pourtant il n'en est rien, car la rétropulsion se produit lors du rapprochement des mâchoires, et ne peut, par conséquent, avoir lieu par l'action des organes chargés de l'écartement : le seul muscle qui puisse y servir est le crotaphite ; il est parfaitement disposé pour cet usage, en raison de son obliquité d'ensemble et de la situation postérieure de ses attaches immobiles, soit dans la fosse temporale, soit à la protubérance occipitale.

Les mouvements de prépulsion et de rétropulsion qui, par leur exagération, caractérisent la mastication des rongeurs, sont assez étendus et faciles à constater chez les solipèdes, surtout du côté opposé à celui sur lequel s'effectue le broiement des matières alimentaires. On voit parfaitement, lors de la mastication, le condyle du maxillaire glisser sous la peau alternativement d'avant en arrière et d'arrière en avant. Au moyen d'un petit appareil extrêmement simple, on peut mesurer exactement l'étendue de ce déplacement et la comparer à celle du même mouvement dans les autres animaux. Cet appareil se compose d'un petit arc de cercle gradué fixé par une petite tige aiguë sur l'arcade zygomatique, dans le point correspon-

dant à l'articulation temporo-maxillaire, puis d'une aiguille recourbée à angle droit sur elle-même et implantée sous le condyle. Lorsque la mâchoire se met en mouvement, l'aiguille se porte alternativement en avant et en arrière du point au niveau duquel elle se trouvait placée dans l'état de repos: les degrés tracés sur le cercle donnent l'étendue métrique du déplacement dans les deux sens.

5° **De la diduction.** — Le mouvement latéral ou de diduction, plus ou moins prononcé chez tous les herbivores, caractérise essentiellement la mastication des ruminants. Il n'a pas lieu chez les carnivores pour trois causes : l'enclavement du condyle maxillaire dans la cavité glénoïde du temporal, la réception des molaires inférieures en dedans des supérieures et enfin l'entre-croisement des canines.

Son mécanisme n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire. Lorsque la diduction a lieu, la mâchoire inférieure n'éprouve pas un déplacement latéral parallèle à son axe, c'est-à-dire égal à ses deux extrémités, mais bien une déviation angulaire presque nulle en haut et très étendue au niveau des dents incisives. Voici ce qui se passe lorsque la mâchoire se porte à droite. Le condyle maxillaire gauche décrit un arc de cercle qui a son centre représenté par le condyle opposé, dont le déplacement est très peu étendu ; le premier se porte en avant, abandonne une partie de la surface du temporal ; l'apophyse coronoïde gauche se projette en avant et en dedans, elle refoule fortement le coussinet adipeux de la fosse temporale ; par suite de ce mouvement, la salière gauche se creuse et se remplit alternativement, tandis que celle du côté opposé se creuse et se remplit beaucoup moins.

D'autres changements se passent alors dans les parties antérieures des mâchoires ; les axes des tables molaires cessent d'être parallèles ; les molaires supérieures droites s'appliquent exactement sur les molaires inférieures du même côté, tandis que les gauches cessent de se correspondre ; enfin l'arcade incisive inférieure dépasse à droite d'un tiers et presque d'une moitié de sa largeur l'arcade supérieure ou le bourrelet qui remplace cette dernière chez les animaux ruminants. En un mot, dans ce mouvement circulaire, comme l'a appelé Ferrein, l'axe de la mâchoire inférieure croise celui de la supérieure, ce qui n'arriverait pas si la première éprouvait une déviation latérale également prononcée à son extrémité libre et à son extrémité articulaire.

Les mouvements latéraux ont ceci de remarquable qu'ils ne sont pas alternatifs, c'est-à-dire que la mâchoire inférieure ne se porte pas successivement à gauche, puis à droite de la supérieure, et ainsi de suite. Quand un cheval mange, si la mâchoire inférieure se porte à droite de la supérieure, elle revient dans sa position sans dépasser la dernière à gauche, puis se dévie à droite, et ainsi pendant un quart d'heure, une demi-heure, après quoi la direction change. Il en est de même chez le bœuf pour la première mastication et pour celle qui a lieu pendant la rumination ; mais nous verrons, en traitant de cette fonction, que certains ruminants, tels que le chameau, font exception à cette règle.

Il importe de remarquer ici que ce mouvement latéral est plus prononcé ou plus étendu qu'il ne le paraît chez les solipèdes. Ce qui contribue à le rendre moins sensible chez ces derniers, ce sont les lèvres qui cachent, par leur longueur, les dents incisives, tandis que la brièveté de ces parties laisse voir plus distinctement le jeu des deux mâchoires dans les ruminants ; mais quand on soulève la lèvre su-

périeure et qu'on abaisse la lèvre inférieure d'un cheval qui mange (1), on s'assure que l'arcade incisive dépasse, soit à droite, soit à gauche, l'arcade supérieure au moins du tiers de sa largeur, quelquefois même de la moitié. Le déplacement latéral est, je le répète, bien plus sensible chez les ruminants, mais il n'est pas beaucoup plus étendu que chez les solipèdes.

Les mouvements latéraux, dont le mécanisme est fort irrégulier, ont pour agents essentiels les ptérygoïdiens, qui se contractent alternativement, ceux d'un côté puis ceux du côté opposé. Il est facile de se rendre compte de leur action, si l'on se rappelle que leur extrémité fixe est beaucoup plus rapprochée de la ligne médiane que leur extrémité mobile ou maxillaire : car il n'y a en moyenne, dans le bœuf, que 2 centimètres depuis le plan médian jusqu'aux apophyses ptérygoïdes, tandis qu'il y a 7 à 8 centimètres de ce plan au point de leur insertion. Le ptérygoïdien interne joue le rôle principal; l'externe, qui est fort petit chez les ruminants, est accessoire. Lorsque, dans la diduction, la mâchoire inférieure se porte à droite, c'est le ptérygoïdien gauche qui se contracte, et réciproquement. Il est évident que si les muscles des deux côtés agissaient ensemble et avec une égale intensité, il n'y aurait pas de mouvement latéral.

Les masséters peuvent aussi prendre part à la diduction, puisque leur point fixe est plus éloigné du plan médian que leur terminaison ; mais comme il n'y a pas à cet égard une différence très grande, et comme cette différence n'existe pas pour tous les animaux, ces muscles ne participent aux mouvements latéraux que dans des limites très étroites; toutefois, lorsque cela a lieu, le masséter qui contribue à la diduction est précisément celui du côté vers lequel la mâchoire se porte. La partie orbitaire du crotaphite, qui vient s'insérer en dedans et en bas de l'éminence coronoïde, concourt aussi, sans aucun doute, à la production du mouvement latéral.

Cette action asymétrique de plusieurs muscles moteurs des mâchoires est fort remarquable, notamment en ce qui concerne les solipèdes et la généralité des ruminants dont la mastication demeure unilatérale pendant des périodes assez longues; car elle suppose, de la part des muscles d'un côté, une contraction renouvelée à chaque coup de dent, alors que ceux du côté opposé demeurent relâchés ou tout au moins ne se contractent que faiblement. Elle prend un autre caractère chez le dromadaire, par exemple, où la mâchoire inférieure dépasse alternativement à droite et à gauche la supérieure. Ici évidemment les muscles d'un côté alternent avec ceux du côté opposé.

III. ACTION DES DENTS.

Les dents sont les organes passifs les plus essentiels à la mastication : leur nombre, leur forme, leur structure même et leur action varient beaucoup suivant les animaux.

Les carnivores possèdent trois sortes de dents. Les incisives, plus ou moins aiguës et tranchantes, portent à leur extrémité libre trois pointes inégales qui leur donnent une certaine ressemblance avec le haut d'une fleur de lis : les deux mé-

(1) On peut bien mieux voir ce mouvement quand on a relevé les lèvres supérieure et inférieure, et qu'on les maintient dans cette position à l'aide d'un fil attaché au licol.

dianes sont plus petites que les deux moyennes, et celles-ci plus petites que celles des coins. Les molaires, en nombre variable, augmentent de volume de la première à la pénultième ou l'antépénultième, qu'on appelle la carnassière : celle-ci, large et à plusieurs lobes vers son bord externe, est suivie d'une ou de deux tuberculeuses plus ou moins grandes. Chez le chien, les trois premières molaires supérieures ne touchent pas les quatre premières inférieures qui leur correspondent ; elles restent toujours à une distance plus ou moins considérable de ces dernières, quel que soit le degré de rapprochement des mâchoires. Le lobe supérieur de la carnassière d'en bas vient appuyer sur le talon de la première tuberculeuse supérieure.

Les dents des carnivores, qui s'usent à peine, d'après la remarque fort exacte de Cuvier, conservent, les incisives exceptées, leur forme et l'acuité de leurs pointes. Les unes, telles que les incisives, les canines et les premières molaires, servent à la préhension et à la division des substances alimentaires ; et les dernières sont exclusivement réservées à ce dernier office. Les incisives agissent comme de véritables pinces coupantes dont les mors s'affrontent, et les molaires comme des ciseaux dont les lames passent l'une à côté de l'autre en se touchant ; car la mâchoire inférieure étant en arrière plus étroite que la supérieure, les molaires d'en bas viennent glisser en dedans des molaires d'en haut. Les dernières d'entre elles, lorsqu'elles sont tuberculeuses, comme chez le chien, le loup, l'ours, l'hyène, servent au broiement des substances végétales ou des os.

L'ours, d'après Cuvier, n'a pas de carnassières proprement dites ; il possède deux tuberculeuses de chaque côté à la mâchoire supérieure et trois à l'inférieure ; aussi ce plantigrade se nourrit-il en grande partie de racines et de fruits charnus. Les pointes des molaires sont déjà très aiguës chez les chats, qui n'ont qu'une tuberculeuse fort petite à la mâchoire supérieure ; aussi ces animaux, même le lion et la panthère, ne brisent-ils les os qu'avec une extrême précaution ; elles sont encore plus fines et plus acérées chez ceux qui, comme la taupe et la chauve-souris, vivent de vers ou d'insectes.

Le système dentaire des herbivores est disposé d'une manière toute différente.

Les incisives, chez les solipèdes, sont au nombre de six à chaque mâchoire : chacune d'elles porte dans le principe une cavité entourée d'émail, laquelle disparaît bientôt par l'usure de ses rebords, et laisse une surface de frottement assez large, successivement ovale, ronde, triangulaire, etc. ; elles servent à pincer le fourrage dans le râtelier et à couper l'herbe, comme pourraient le faire des tricoises dont les mors seraient épais au lieu d'être tranchants. Ces incisives n'existent, dans la plupart des ruminants, qu'à la mâchoire inférieure ; elles y sont si faiblement implantées qu'elles jouissent toujours d'une mobilité remarquable, leur table est fortement inclinée et leur bord antérieur plus ou moins tranchant.

Les molaires de ces deux ordres de mammifères forment en bas deux arcades plus étroites et plus rapprochées à la mâchoire inférieure qu'à la supérieure ; leur partie libre, assez régulièrement prismatique, possède une surface de frottement inégale, sur laquelle les rubans d'émail dessinent des reliefs en croissants plus ou moins réguliers. Ces dents, contrairement à ce qui s'observe dans les carnivores, s'usent beaucoup ; aussi leur partie libre est-elle très longue, et leur croissance

ainsi que leur pousse se continue-t-elle jusqu'à un âge fort avancé. La continuation des lames d'émail jusqu'à la racine et la différence de dureté qui existe entre la substance de ces lames et celle de l'ivoire sont les deux causes qui déterminent à tous les âges de la vie une inégalité constante de la surface de frottement, inégalité dont la permanence, compatible avec l'usure des dents, fait de ces organes « des meules qui se repiquent d'elles-mêmes (1). » Sans cette remarquable disposition, les molaires à couronne plate des herbivores ne pourraient atténuer et réduire en petites parcelles les matières alimentaires, elles ne feraient que les écraser : la mastication des fourrages resterait donc fort incomplète.

Les tables des molaires ont encore ceci de très remarquable que les inférieures sont inclinées en dehors et les supérieures en dedans. Les premières, moins larges que les secondes, offrent en moyenne pour chacune, dans le cheval, une étendue superficielle de 28 centimètres 62 millimètres carrés ; et celles-ci une surface de 38 centimètres 40 millimètres carrés. Leur étendue est égale, en somme, de chaque côté, à celle de la surface de frottement de deux meules glissant l'une sur l'autre par leur périphérie, et ayant un diamètre commun de 6 centimètres avec une largeur à la circonférence de 1 centimètre 1/2 pour la première et de 2 centimètres pour la seconde.

Les molaires, dont le jeu a un résultat analogue à celui des meules de moulin, n'agissent cependant pas tout à fait comme la meule qui tourne sur une surface plane pour broyer le grain ; elles fonctionnent plutôt comme le mortier de grès dans lequel, à l'aide d'une pierre à surface rugueuse, on réduit en poudre grossière le blé torréfié. Mais quoi qu'il puisse être de cette analogie, il est à noter que les molaires d'un côté ne peuvent agir en même temps que celles du côté opposé, car, par suite de la moindre distance entre les arcades inférieures qu'entre les supérieures, les molaires d'un côté ne se correspondent plus quand celles du côté opposé se touchent. De plus, lorsque les molaires frottent les unes contre les autres, les incisives supérieures n'appuient pas sur les inférieures. On conçoit mieux l'utilité de cette dernière particularité qu'on n'en devine les causes : peut-être l'une de celles-ci tient-elle à la présence des aliments qui, en tenant les molaires supérieures à une certaine distance des inférieures, donne lieu à un écartement analogue entre les deux arcades incisives.

Ainsi agissent les dents, dans les deux groupes d'animaux qu'il nous importe le plus d'étudier. Ces organes éprouvent, relativement à leur jeu, des modifications infinies qu'il serait trop long d'examiner ici (2). Dans tous les cas, leur mode d'action, qui est purement mécanique, implique de leur part une insensibilité absolue. Néanmoins, ils servent à la sensibilité comme les productions pileuses, puisqu'ils sont implantés sur des papilles fort riches en divisions nerveuses. Ils sont sensibles au froid chez nous, et probablement ils le sont aussi chez les animaux; ils transmettent aux nerfs de leurs racines la sensation de la résistance et de la pression des corps qu'ils écrasent. Mais on conçoit que leur sensibilité extrinsèque doive

(1) Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*.

(2) Voyez à ce sujet les *Leçons d'anatomie comparée* de Cuvier, et le *Traité d'anatomie comparée du système dentaire* de M. E. Rousseau.

être plus obtuse chez les animaux qui broient des os, comme l'hyène et le chien, que chez ceux qui sont incapables d'écraser ces substances.

IV. ACTION DE LA LANGUE.

La langue est un organe de sensibilité et de mouvement. Elle sert, chez les animaux, à la gustation, à la préhension des aliments et des boissons, à la mastication et à la déglutition.

Pendant la mastication, sa sensibilité lui fait distinguer la saveur spéciale des aliments, apprécier leur état de division, reconnaître les parties de la bouche qu'ils occupent ; elle lui fait éviter d'être pincée par les dents. Sa motilité lui permet de les attirer dans la cavité buccale, de les amener sous les molaires et de les y renvoyer quand ils se sont échappés de dessous leur table de frottement.

Pour exécuter ces différents mouvements, elle est pourvue d'un grand nombre de muscles ayant chacun un office particulier.

D'abord, elle est fixée à l'hyoïde et à la mâchoire inférieure de manière à être mue, indépendamment de l'action de ses muscles : ainsi, elle s'abaisse avec cette mâchoire, se meut latéralement et s'élève avec elle ; elle suit de même les mouvements de l'hyoïde, lorsque ce petit appareil osseux s'élève, s'abaisse ou se porte en arrière.

Ses mouvements particuliers sont produits par ses muscles intrinsèques et extrinsèques. Elle est tirée hors de la bouche par les génio-glosses, en arrière par les hyoglosses supérieurs et les kérato-glosses, en arrière et en bas par les basio-glosses, de côté par ces mêmes muscles quand ceux de droite se contractent, alors que ceux de gauche sont relâchés, et réciproquement. Sa pointe se porte en haut, en bas ou latéralement ; enfin, l'organe change de forme, s'aplatit ou s'élargit ; sa face supérieure devient plane, concave ou convexe, s'applique sur le palais ou s'en éloigne, par l'action de faisceaux charnus disposés en divers sens, et que certains anatomistes ont considérés comme des muscles distincts auxquels ils ont donné des noms particuliers.

Les expérimentateurs sont d'accord pour rapporter la motricité de la langue aux nerfs hypoglosses dont la section entraîne la paralysie de cet organe. Panizza a observé ce qui suit après la section de ces nerfs : Le chien à qui l'on donne du lait fait de vains efforts pour le lapper ; sa langue reste immobile, il peut bien prendre du pain avec ses dents et le broyer ; mais sa langue qui ne peut ni le retenir ni concourir à la déglutition le laisse tomber de la bouche. L'animal ne saurait, du reste, ni retenir un bol qu'on lui a mis dans la cavité buccale, ni le déglutir, ni aussi faire rentrer sa langue lorsqu'elle est pendante, ni la remettre dans sa position quand on l'a renversée sur elle-même. Le mouton chez lequel on a fait cette section se trouve dans l'impossibilité de saisir l'herbe et de la faire parvenir dans sa bouche.

La sensibilité générale et tactile de la langue, qu'il faut bien distinguer de la sensibilité gustative dont nous avons déjà parlé, tient au nerf lingual de la cinquième paire qui se distribue au tissu musculaire et à la membrane muqueuse, tandis que l'hypoglosse se ramifie seulement dans les muscles. La sensibilité tactile peut être

abolie par la section des nerfs de la cinquième paire, sans que pour cela la langue ait perdu la faculté d'être impressionnée par les matières sapides.

V. ACTION DES LÈVRES ET DES JOUES.

Les lèvres, qui concourent chez plusieurs animaux à la préhension des aliments, servent aussi à la mastication, en faisant parvenir ceux-ci dans la bouche et en les retenant dans cette cavité. Nous avons vu déjà que le cheval qui est mis dans l'impossibilité de se servir de ses lèvres peut encore bien saisir le foin dans le râtelier et le tirer avec ses dents incisives; mais ce foin, une fois saisi, retombe dès que l'animal desserre les dents, et pas un brin ne lui en reste dans la bouche. Les joues servent également à la fonction qui nous occupe, en empêchant les aliments de fuir en dehors des arcades molaires et en les ramenant sous ces dernières à mesure qu'ils échappent à leur action ; mais quelquefois, soit faiblesse des buccinateurs (muscles molaires), soit irrégularité des dents, les aliments broyés s'accumulent à la face interne des joues, en plus ou moins grande quantité, et l'on dit que l'animal fait magasin ; particularité fréquente chez les solipèdes, et dont les ruminants ne paraissent pas offrir d'exemples.

Les muscles des lèvres et des joues tiennent leur motricité des divisions du nerf facial seulement. Ces parties sont complétement paralysées quand les deux nerfs de la septième plaie sont coupés. Les nerfs qui viennent de la branche sus-maxillaire de la cinquième paire n'ont aucune influence motrice sur les muscles des lèvres ni sur ceux des joues ; le nerf bucco-labial ne préside pas non plus aux mouvements de ces parties, puisque Mayo et M. Longet n'ont vu se produire aucune contraction dans le buccinateur des solipèdes irrité mécaniquement ou à l'aide du galvanisme.

La sensibilité dont jouissent les lèvres et les joues dépend des divisions de la branche sus-maxillaire de la cinquième paire et du nerf buccal dont nous venons de parler. On sait que les branches qui sortent du conduit maxillaire sont énormes chez le cheval, où elles vont se distribuer aux ailes du nez et aux lèvres, dont la sensibilité est exquise. La section de ces branches laisse aux parties dans lesquelles elles se rendent toute leur mobilité.

Il est à noter que la sensibilité des lèvres et des joues paraît moindre à l'extérieur dans les ruminants que chez les solipèdes ; cependant, chez les premiers, les papilles, si nombreuses et si développées que les joues offrent à leur face interne, contribuent, sans aucun doute, à donner à leur sensibilité un caractère particulier, qui est peut-être en rapport avec la rumination, c'est-à-dire avec la mastication mérycique.

VI. DU RHYTHME DE LA MASTICATION.

Les caractères généraux de la mastication résultent de la configuration des mâchoires, du jeu de leurs muscles et de la forme des dents ; ils sont loin d'être les mêmes chez tous les animaux.

Chez les carnivores, les mâchoires ne peuvent exécuter que deux mouvements : l'écartement et le rapprochement ; les dents supérieures ne peuvent point glisser sur les inférieures. Aussi, la mastication s'y réduit à couper, à déchirer et à écraser

les substances alimentaires. De ces trois opérations bien distinctes, la première a pour agents les incisives, la seconde les canines, et enfin, la troisième, les dents molaires. Celle-ci, quelles que soient les formes des molaires, est ordinairement fort incomplète, car la chair s'écrase, se tasse, s'assouplit, se perce au niveau des points sur lesquels portent les saillies aiguës des dents; elle ne se divise ni en parcelles ténues, ni même en petits lambeaux; elle reste en masses assez volumineuses, qui passent aisément dans un œsophage très large et se réduisent vite en une pulpe homogène par l'action du suc gastrique. Les os, seuls, sont susceptibles d'être brisés et très divisés. Pour cela, l'animal les fait parvenir instinctivement sous les dernières dents qui sont les plus fortes et dont la surface est souvent tuberculeuse au lieu d'être hérissée de pointes. Ces os ne sont écrasés que d'un seul côté à la fois; ils le sont sans grande difficulté chez les espèces qui, comme l'hyène, possèdent plusieurs tuberculeuses; au contraire, on les voit divisées avec lenteur et une précaution singulière chez le lion, la panthère, dont les dernières dents ont des pointes qui, malgré leur volume, se briseraient encore sans grande peine. Il est fort remarquable qu'alors le lion et toutes les espèces de son genre ferment plus ou moins les yeux à chaque effort des muscles préposés au rapprochement des mâchoires.

Chez les herbivores, la mastication s'effectue suivant un mode bien différent de celui qui est propre aux carnassiers; elle s'opère par des mouvements de prépulsion, de rétropulsion et de diduction qui s'ajoutent à ceux d'écartement et de rapprochement. Les deux derniers eussent été insuffisants pour produire une division complète des substances herbacées. En effet, si les mâchoires du cheval et du bœuf, munies de leurs dents à couronne plate, n'eussent exécuté que les deux mouvements propres aux carnassiers, les herbes sèches et même les fourrages verts se seraient simplement assouplis, froissés; mais ils n'auraient pu se réduire en petites parcelles; ils se seraient froissés, comme sous une meule dont la pression la plus forte n'opère jamais qu'un écrasement sans division. Le frottement des dents, soit dans le sens antéro-postérieur, soit dans le sens latéral, est donc d'une indispensable nécessité pour les herbivores; aussi y existe-t-il toujours.

Ce n'est pas tout. Les mâchoires des herbivores ont une disposition telle que le broiement des matières alimentaires ne peut s'effectuer en même temps des deux côtés. Camper avait déjà noté que la mâchoire inférieure de ces animaux est plus étroite dans toutes les espèces que la supérieure; mais il n'avait pas trouvé la signification de ce fait anatomique. Or, par suite de l'étroitesse de la mâchoire inférieure, les molaires ne peuvent se correspondre simultanément des deux côtés à la fois. Lorsque les droites s'affrontent, les gauches ne s'affrontent plus, et réciproquement. Il en résulte que, chez ces mammifères, la mastication doit être unilatérale.

Ainsi, pendant que les solipèdes et les ruminants mangent, on voit, à de certains moments, la mâchoire inférieure se porter, à chaque coup de dent, à droite de la supérieure; puis, à d'autres moments, se porter à gauche de cette dernière. Si la déviation a lieu à droite, par exemple, elle peut conserver cette direction durant une période d'un quart d'heure, d'une demi-heure, et même d'une heure : la mâchoire inférieure se porte à droite de la supérieure et revient à sa situation normale sans la dépasser à gauche; les molaires droites frottent, celles d'en haut sur

celles d'en bas, et écrasent les aliments qui sont entre elles. Alors, les molaires gauches ne se correspondent point, et il n'y a point d'aliment entre elles. Le contraire a lieu lorsque la déviation s'opère à gauche.

Lorsque l'animal mâche à droite, on voit : 1° que la mâchoire inférieure se porte à droite bien en dehors de la supérieure ; 2° que le condyle maxillaire gauche éprouve un déplacement plus étendu que l'autre, et qu'enfin, la salière gauche se boursoufle chez les solipèdes beaucoup plus fortement que celle du côté sur lequel la mastication s'opère. L'inverse a lieu également lorsque l'animal mâche à gauche. Il est à noter que cette particularité, qu'on n'avait même pas soupçonnée, coïncide avec l'un des phénomènes les plus remarquables de la sécrétion des glandes salivaires, c'est-à-dire, avec une sécrétion parotidienne beaucoup plus abondante du côté sur lequel se fait la mastication que du côté opposé.

L'unilatéralité de la mastication n'est point exceptionnelle ou propre à quelques herbivores. Elle est évidente chez le cheval, l'âne, le mulet, le daim, l'hémione, le zèbre, le rhinocéros, le bœuf, le buffle, le bison, le cerf, l'antilope, le mouton, la chèvre et tous les autres ruminants. Je ne sais si elle existe chez les rongeurs herbivores, le lièvre et le lapin, par exemple.

La durée de la mastication et son degré de perfection varient à l'infini, suivant les animaux, leur âge, l'état et la nature des aliments.

Les carnassiers mâchent très peu leur proie ; ils avalent des morceaux de chair très volumineux, après les avoir aplatis, dilacérés et pénétrés de quelques coups de dents. Une division très grande de ces substances est rendue impossible par le mode d'action des dents et des mâchoires ; elle serait, du reste, peu utile, puisque les matières animales, en masses volumineuses, se dissolvent très bien dans le suc gastrique,

Les herbivores, au contraire, ont besoin de diviser et de réduire en petites parcelles leurs aliments, d'abord pour que ceux-ci puissent être facilement déglutis et ensuite aisément digérés; mais ils n'arrivent pas à opérer cette division, quelque bien disposées que soient les dents, sans les faire agir très longtemps sur la même substance.

Les herbivores qui ne ruminent pas, et qui, par conséquent, mâchent une seule fois leurs aliments, mangent avec lenteur. Il faut, en moyenne, à un cheval de taille ordinaire, une heure et quart pour manger 2 kilogrammes de foin sec, dont il fait de 60 à 65 bols. Un gros cheval mit une heure à prendre cette quantité et en fit 60 bols ; un second, une heure douze minutes et en fit 95 ; un troisième, une heure et demie pour la même quantité, dont il fit 120 bols ; enfin, un quatrième, très petit, employa une heure quarante-quatre minutes et fit 150 bols. En moyenne, on peut dire que le cheval met quarante-cinq secondes pour broyer une trentaine de grammes de foin, en donnant de soixante-dix à quatre-vingts coups de dents par minute.

Le nombre des coups de dents est doublé, et quelquefois triplé lorsque, par suite de la perte de la salive, les alimens ne sont pas convenablement humectés, comme le prouve, du reste, le tableau suivant :

TOUTE LA SALIVE COULE DANS LA BOUCHE.			LA SALIVE D'UNE PAROTIDE COULE A L'EXTÉRIEUR.			LA SALIVE DES DEUX PAROTIDES coule à l'extérieur.		
NUMÉROS des bols.	DURÉE de la mastication d'un bol.	NOMBRE des coups de dents.	Nos	DURÉE	COUPS de dents.	Nos	DURÉE	COUPS de dents.
1	35	39	1	30	33	1	45	38
2	33	42	2	29	30	2	43	47
3	25	31	3	37	44	3	35	35
4	27	36	4	33	36	4	80	79
5	30	39	5	47	42	5	115	114
6	35	41	6	45	38	6	60	63
7	25	37	7	23	33	7	110	101
8	25	34	8	33	35	8	95	95
9	42	47	9	40	45	9	100	101
10	40	40	10	25	30	10	65	68

Chez les ruminants, la première mastication, qui est très incomplète, est beaucoup plus rapide que celle des solipèdes. Le bœuf n'emploie, en moyenne, qu'un tiers de minute à broyer un bol plus volumineux que celui que le cheval prépare en une minute ; mais la seconde mastication est, chez cet animal, fort lente, comme nous le verrons plus tard.

La mastication devient lente et de moins en moins profonde à mesure que les herbivores avancent en âge : l'usure et l'irrégularité des dents sont les principales causes qui la rendent difficile chez les vieux animaux, car il arrive un moment où les lames d'émail ne forment plus que de très légères saillies sur la surface de frottement qui, même quelquefois, devient tout à fait lisse. Il est à noter que chez les solipèdes les molaires s'usent généralement plus vite que les incisives, de sorte que les premières ne parviennent à rester en contact, les supérieures avec les inférieures, que par l'effet d'une déviation, rendant les incisives presque horizontales. Sans ce changement de direction, il faudrait que les incisives éprouvassent une usure proportionnelle à celle des molaires, et c'est aussi ce qui arrive quelquefois.

CHAPITRE XXIV.

DE L'INSALIVATION.

Pendant que les matières alimentaires parvenues à la bouche y sont divisées et broyées par les dents, elles s'imprègnent d'un liquide destiné à les ramollir, à faciliter leur action sur l'organe du goût, à les préparer à être dégluties, et enfin, à

leur faire subir déjà quelques modifications préliminaires à celles qu'elles doivent éprouver dans les parties profondes de l'appareil digestif.

I. DE L'APPAREIL SALIVAIRE.

Les organes chargés de préparer les fluides salivaires et de les verser dans la cavité buccale, commencent à apparaître chez les invertébrés sous la forme tubuleuse, commune à toutes les glandes des animaux à circulation imparfaite ; ils se présentent chez les insectes sous l'aspect de petits tubes ramifiés, ouverts dans la bouche ou la partie supérieure de l'œsophage, et prennent chez les mollusques le caractère lobulé qui les distingue dans les vertébrés. Très peu volumineuses ou presque nulles chez les poissons, les glandes salivaires se dessinent chez les reptiles, les oiseaux, et arrivent à leur maximum de développement chez les mammifères, notamment dans les espèces dont les aliments doivent éprouver, par l'action des dents, une division très complète.

L'appareil salivaire des mammifères comprend deux parotides, deux maxillaires et deux sublinguales qui sont parfaitement circonscrites, puis les glandes molaires, distinguées en supérieures et en inférieures, et enfin, les glandules sous-muqueuses, disséminées autour de la langue, à la face interne des joues et des lèvres. Ces diverses glandes ont été rapportées par M. Duvernoy à deux groupes, appelés, l'un, le système salivaire antérieur, formé par les maxillaires et les sublinguales, dont les canaux s'ouvrent à l'entrée de la bouche, tout près des incisives ; l'autre, le système salivaire postérieur, composé des parotides qui versent le produit de leur sécrétion dans la partie moyenne de la bouche au niveau des dents molaires. Cette distinction ingénieuse, établie par le vénérable collaborateur de Cuvier, est appuyée par les résultats de l'expérimentation. Nous verrons bientôt, en effet, que ces deux systèmes fonctionnent chacun suivant des lois spéciales, et que l'un fournit une salive dont les caractères et les propriétés diffèrent très sensiblement de la salive de l'autre.

Les glandes salivaires, peu volumineuses dans les carnivores dont les aliments contiennent une forte proportion d'eau et dont la mastication est incomplète, sont beaucoup plus grandes chez les herbivores qui vivent de substances devant être parfaitement divisées et très délayées : aussi les voit-on arriver à leur degré extrême de développement dans les rongeurs, les pachydermes, les solipèdes et les ruminants.

Parmi les mammifères, on peut reconnaître, en combinant les données de l'anatomie comparée, que ces deux systèmes n'ont point, l'un par rapport à l'autre, un développement proportionnel dans toutes les espèces. Le système antérieur ou celui des glandes à salive visqueuse, prédomine sur l'autre ou lui devient égal : 1° dans les carnassiers, le chien, le chat, les chauves-souris ; 2° dans les animaux aquatiques dont les aliments déjà suffisamment humectés ont surtout besoin d'être enduits de mucosités propres à faciliter la déglutition ; 3° enfin, chez ceux qui n'ont point ou presque point de mastication, comme le fourmilier, le tatou, l'échidné. Le système postérieur, au contraire, dépasse de beaucoup le premier dans les animaux herbivores, et notamment dans ceux qui ne jouissent pas de la faculté de ruminer.

Les glandes qui, par leur ensemble, forment chacun de ces deux systèmes, ne

sont pas toutes développées dans la même proportion. Dans le système antérieur, composé des maxillaires et des sublinguales, auxquelles j'ajouterai les molaires supérieures, il arrive souvent que les sublinguales sont fort petites alors que les maxillaires sont très grandes : ainsi les premières manquent chez le chien, où les secondes sont énormes ; elles sont rudimentaires chez le dromadaire, tandis qu'elles deviennent énormes et même doubles dans certains ruminants, le bœuf et la brebis, par exemple. La présence, l'absence ou l'atrophie de l'une d'elles sont des circonstances peu importantes, puisque celles qui restent peuvent, par suite d'un développement exagéré, suppléer ces dernières, et d'autant mieux qu'elles fonctionnent d'après un mode uniforme, et donnent des produits de même nature. Dans le système postérieur, composé des parotides et des molaires inférieures, il arrive que celles-ci sont grandes, alors que celles-là ne présentent pas tout le volume qu'elles sembleraient devoir acquérir, comme chez les ruminants domestiques, par exemple ; de même quand les parotides sont énormes, comme chez les solipèdes, les molaires inférieures sont rudimentaires.

Les deux systèmes étant, jusqu'à un certain point, indépendants l'un de l'autre, il peut arriver que le moins nécessaire disparaisse et que le plus utile persiste ; c'est aussi ce qui a lieu dans les oiseaux : le système antérieur à salive visqueuse conserve, dans un grand nombre d'espèces, des proportions considérables, tandis que l'autre n'offre pas, chez la généralité, des restes appréciables de son existence. Il faut que le premier persiste, car il donne la salive dont le principal usage est « d'humecter la bouche et d'enduire les substances alimentaires, pour les faire glisser dans l'œsophage et faciliter la déglutition (1). »

Il est facile de voir, du reste, en comparant entre eux des animaux d'un même groupe, que les glandes salivaires offrent des variations très étendues, en rapport avec la nature des aliments et le mode de mastication. Ainsi, en mettant en regard les rongeurs qui vivent d'herbes avec les rongeurs omnivores, les solipèdes avec les ruminants, on est frappé de différences notables dont la raison physiologique n'est pas introuvable.

Parmi les mammifères herbivores, les solipèdes et les ruminants, qui font spécialement le sujet de nos études, sont, suivant la remarque de Cuvier, les animaux dont les glandes salivaires offrent le volume le plus considérable ; mais il existe entre ces deux groupes des différences très notables, tant sous le rapport du volume que sous celui du mode d'action de ces organes. Les ruminants se distinguent des solipèdes par la prééminence des glandes à salive visqueuse sur celles qui donnent la salive aqueuse. Le dromadaire, le chevreuil et le mouton même, feraient exception si l'on ne mettait en ligne de compte que les trois principales glandes salivaires ; mais ils rentrent dans la règle, si l'on fait la somme de toutes les glandules de la face interne des joues, des lèvres, de la base de la langue et de l'œsophage, lesquelles sécrètent un fluide visqueux analogue à celui des sublinguales. En outre, les animaux qui ruminent ont des glandes dont l'ensemble représente un poids supérieur à celui des mêmes glandes des solipèdes, comme le montrent du reste les chiffres du tableau suivant :

(1) Cuvier, *Anatomie comparée*, t. IV, 1re partie, p. 439.

TABLEAU SYNOPTIQUE *du poids des glandes salivaires des animaux domestiques.*

ANIMAUX.	PAROTIDES.	MAXILLAIRES.	SUBLINGUALES.	POIDS TOTAL.	RAPPORT entre le poids total et celui de chaque glande. GLANDES.	NOMBRES.	RAPPORT entre le poids des parotides et celui des maxillaires
	gr.	gr.	gr.	gr.			
CHEVAL. . . .	400	86	23	509	Parotides. . Maxillaires. . Sublinguales	0,78 0,17 0,05	:: 1 : 0,21
ANE.	100	38	18	156	Parotides. . Maxillaires. . Sublinguales	0,64 0,24 0,12	:: 1 : 0,38
BOEUF.	283	298	43	624	Parotides . . Maxillaires. . Sublinguales	0,45 0,48 0,07	:: 1 : 1,05
DROMADAIRE. .	308	100	4	412	Parotides . . Maxillaires. . Sublinguales	0,75 0,24 0,01	:: 1 : 0.32
MOUTON. . . .	43	36	4	83	Parotides . . Maxillaires. . Sublinguales	0,52 0,43 0,05	:: 1 : 0,84
CHEVREUIL. . .	30	9	3	42	Parotides . . Maxillaires.. Sublinguales	0,71 0,22 0'07	:: 1 : 0,30
PORC.	247	50	8	305	Parotides . . Maxillaires.. Sublinguales	0,81 0,16 0,03	:: 1 : 0,20
CHIEN.	12	13	»	25	Parotides . . Maxillaires. .	0,48 0,52	:: 1 : 1,08
CHAT.	6	4	»	10	Parotides . . Maxillaires..	0,60 0,40	:: 1 : 0,67

Si les glandes salivaires offrent, dans les divers animaux, des différences considérables, relativement à leur volume absolu et aux proportions qui existent entre elles, elles n'en présentent pas de moins grandes sous le rapport de leur mode d'action. Leur fonction a une physionomie spéciale nettement dessinée dans chaque groupe d'animaux; elle n'est point dans les herbivores monogastriques ce qu'elle est chez les herbivores polygastriques. Cette fonction a des caractères particuliers pour chacune des conditions dans lesquelles peuvent se trouver les animaux : elle n'est pas lors du repas, de la rumination, ce qu'elle est pendant l'abstinence, ou lorsque des substances excitantes sont mises en contact avec la muqueuse buccale ; enfin la salivation n'est point identique dans toutes les glandes; la parotide ne fonctionne point comme la maxillaire, et celle-ci n'a pas une action identique à celle de la sublinguale : chacune a sa vie propre, chacune fournit son espèce de salive; les glandes d'un côté n'agissent même pas comme celles du côté opposé. Ce sont là autant de propositions que l'expérience va démontrer.

Il n'est peut-être pas de glandes plus accessibles aux investigations que les glandes salivaires. Par le fait de leur situation, de la disposition de leurs canaux, elles peuvent, sans que leur action soit troublée, se prêter à des expériences qui deviendraient difficiles et entraîneraient des perturbations considérables si elles s'appliquaient aux glandes renfermées dans les cavités splanchniques. Grâce aux heureuses conditions dans lesquelles elles se trouvent, elles permettent à l'observateur de saisir les diverses particularités de leur action, et, par conséquent, de jeter quelque lumière sur les phénomènes si obscurs des sécrétions.

Pour arriver à étudier complétement le mode d'action des glandes salivaires, il est nécessaire d'adapter aux canaux excréteurs des appareils propres à recevoir les produits de la sécrétion. Celui que j'ai employé sur nos espèces domestiques est d'une extrême simplicité ; il permet de recueillir les quantités les plus minimes de liquide et dans toute leur pureté.

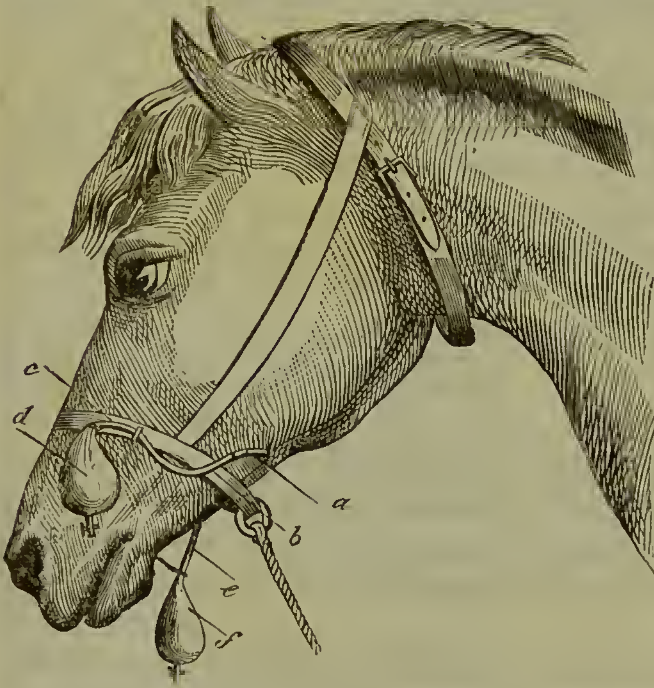


Fig. 38.

a, b, c, d, appareil pour la salive parotidienne; *a*, tube d'argent fixé au canal de Sténon; *b*, tube de caoutchouc continuant le premier ; *c*, tube de verre continu au précédent et fixé à la muserolle du licol; *d*, ampoule de caoutchouc munie de son robinet; *e f*, appareil pour la salive maxillaire ; *e*, tube d'argent fixé au canal de Wharton ; *f*, ampoule et son robinet qu'un fil soutient sous la houppe du menton. Un appareil semblable à ce dernier s'applique à la sublinguale du bœuf.

II. DE LA SALIVATION DES PAROTIDES.

Les parotides, qui forment presque à elles seules le système salivaire postérieur, ont une action dont toutes les particularités sont caractéristiques. Destinées à fournir la plus grande partie du liquide qui imprègne les substances alimentaires, elles sécrètent abondamment pendant le repas, mais inégalement, en alternant l'une avec l'autre. Elles céssent de fonctionner pendant l'abstinence, si ce n'est chez les ruminants, où leur sécrétion n'est jamais suspendue.

De prime abord, rien ne peut faire préjuger une inégalité d'action entre la parotide d'un côté et celle du côté opposé : les deux glandes sont sensiblement égales et paraissent dans des conditions identiques ; cependant l'expérience la plus simple démontre que jamais elles ne donnent, l'une et l'autre, dans un même temps, des quantités de salive exactement semblables.

En effet, si l'on établit deux fistules parotidiennes, l'une à droite, l'autre à gauche, en prenant des tubes de même diamètre et des ampoules de même capacité, pour la première et la seconde on observe, dès que l'animal se met à manger, que, dans

une période quelconque, l'une des deux fistules donne une quantité de salive beaucoup plus considérable que la fistule opposée. En continuant l'expérience, on voit qu'après un certain temps la glande qui fournissait d'abord peu de salive vient à en donner beaucoup, et que celle, au contraire, dont l'action était prédominante dans le principe, ralentit sa sécrétion ; enfin, après cette première inversion, il s'en produit une seconde, et ainsi de suite avec les mêmes particularités.

Il importe ici de se rappeler que la mastication des solipèdes, de même que celle des ruminants et des autres herbivores, s'effectue d'un seul côté et alternativement à droite et à gauche, de telle sorte que, pendant un quart d'heure, une demi-heure, plus ou moins, ce sont les molaires droites qui broient les aliments, après quoi les molaires gauches remplissent le même office, à l'exclusion des premières pendant le quart d'heure ou la demi-heure qui suit. Or, lorsque l'animal mâche à droite, c'est la parotide droite qui sécrète beaucoup et l'autre qui sécrète moins ; lorsqu'il vient ensuite à mâcher à gauche, les choses changent : la glande gauche sécrète abondamment et la première ralentit son action, comme si elle s'était fatiguée dans la période précédente. Après ce premier changement dans le jeu des mâchoires, s'il en survient un second, on observe dans l'activité de chaque glande un changement correspondant, et ainsi de suite. Les inversions dans le sens de la mastication, si multipliées qu'elles puissent être, entraînent toujours, et immédiatement, des inversions parallèles dans l'activité des deux parotides. Le tableau suivant en donnera quelques exemples pour le cheval et l'âne :

TEMPS.	PAROTIDE droite.	PAROTIDE gauche.	SENS de la mastication.
	Premier cheval.		
Minutes.			
15	910	200	à droite.
15	580	320	à droite.
15	250	700	à gauche.
	Deuxième cheval.		
15	270	620	à gauche.
15	510	820	à gauche.
15	500	800	à gauche.
15	480	750	à gauche.
15	720	420	à droite.
15	540	800	à gauche.
15	600	740	à gauche.
	Troisième cheval.		
15	620	260	à droite.
10	320	200	à droite.
5	200	120	à droite.
15	410	230	à droite.
10	60	320	à gauche.
5	20	150	à gauche.
15	130	520	à gauche.
	Quatrième cheval.		
Minutes.			
5	160	85	à droite.
6	150	235	à gauche.
4	160	40	à droite.
4	115	70	à droite.
4	95	165	à gauche.
6	80	210	à gauche.
	Cinquième cheval.		
3	50	110	à gauche.
6	200	50	à droite.
4	30	100	à gauche.
5	200	30	à droite.
	Ane.		
15	120	10	à droite.
15	110	60	à droite.
15	80	170	à gauche.
15	150	15	à droite.
15	30	160	à gauche.
15	55	135	à gauche.
15	50	165	à gauche.

Il n'est pas nécessaire, pour constater l'inégalité ou la rémittence d'action des glandes parotides, d'établir une fistule de chaque côté. Le premier moyen la rend immédiatement saisissable, mais il détermine un ralentissement notable de la mastication et une gêne marquée de la déglutition, en laissant toutefois les deux parotides dans des conditions identiques. La rémittence deviendra manifeste dès qu'on fera une seule fistule, n'importe de quel côté. Ainsi, quand on aura établi une fistule à droite, par exemple, l'animal se mettra à manger à gauche, c'est-à-dire du côté par lequel la salive parotidienne continue à affluer dans la bouche, et la mastication aura lieu dans ce sens pendant un quart d'heure, une demi-heure, et même davantage; alors la fistule donnera très peu. Bientôt l'animal se fatiguant de mouvoir les mâchoires dans la même direction, arrivera à broyer les aliments sous les molaires droites, bien que de ce côté la salive parotidienne ait cessé d'affluer dans la cavité buccale. Dès que ce changement se sera effectué, la fistule donnera écoulement à des quantités de liquide beaucoup plus considérables qu'auparavant; enfin, à chaque nouvelle inversion du jeu des mâchoires, on notera une inversion correspondante dans l'activité de la parotide dont le canal est ouvert.

PREMIER CHEVAL.			DEUXIÈME CHEVAL.		
TEMPS.	FISTULE GAUCHE.	SENS de la mastication.	TEMPS.	FISTULE DROITE.	SENS de la mastication.
Minutes.			Minutes.		
15	450	à droite.	15	450	à gauche.
15	550	à droite.	15	500	à gauche.
15	1,100	à gauche.	15	460	à gauche.
15	1,020	à gauche.	15	780	à droite.
15	1,000	à gauche.	15	630	à droite.
15	370	à droite.	15	220	à gauche.
15	660	à droite.	15	500	à gauche.
15	1,000	à gauche.	15	640	à gauche.
15	520	à droite.	15	510	à gauche.

L'inégalité d'action des deux parotides et la rémittence alternative de la sécrétion de ces glandes sont une particularité constante qui ne souffre pas d'exception, lors même que le sens de la mastication change vingt fois pendant la durée d'un repas, t elle devient évidente dès que les mouvements des mâchoires conservent la même direction pendant quelques minutes. On l'observe chez les ruminants aussi bien que chez les solipèdes ; seulement elle est moins facile à apprécier sur les premiers que sur les seconds, car si on fait à un ruminant une seule fistule parotidienne, l'animal se met, tout d'abord, à mâcher du côté opposé, et continue ainsi sans interruption, de telle sorte que la fistule donne constamment le produit minimum de la sécrétion. Si, au contraire, il y a deux fistules, la mastication, habituellement si rapide, devient tellement pénible, que l'animal change le sens du mouvement des mâchoires deux ou trois fois par minute, d'où il résulte une sécrétion peu différente pour les deux parotides ; mais l'inégalité devient manifeste pendant la rumina-

tion et lors de l'abstinence. Il est fort probable que ce caractère de la sécrétion parotidienne appartient à tous les animaux dont la mastication est unilatérale, comme celle des herbivores domestiques.

La cause de ces alternatives dans l'action des parotides est fort difficile à déterminer. Elle ne peut être attribuée à une différence de volume entre les deux glandes, puisque celles-ci sont souvent sensiblement égales, et que les variations de l'une par rapport à l'autre ne dépassent guère un vingtième. Du reste, lors même que l'irrégularité de volume serait constante, elle ne l'expliquerait pas davantage, car la glande la plus petite secrète, tour à tour, des quantités de salive supérieures ou inférieures à celles de la glande la plus volumineuse. Cette cause se trouve-elle dans une différence d'excitation des deux glandes ? Mais celles-ci ne paraissent-elles pas dans les mêmes conditions. L'excitation produite sur la muqueuse buccale par les aliments et transmise aux centres nerveux, est-elle réfléchie plus sur l'une que sur l'autre? Je suis porté pour l'affirmative.

Dans tous les cas, lorsqu'un solipède porte une seule fistule parotidienne, il commence et continue à mâcher fort longtemps du côté par lequel la salive continue à affluer dans la bouche ; mais cependant, au bout d'une demi-heure, d'une heure, plus ou moins, le sens de la mastication change, et les aliments sont broyés pendant une certaine période du côté de la fistule, bien que là le broiement devienne plus difficile; néanmoins, il est rare que la mastication dure autant du côté de la fistule que de l'autre. Les ruminants qui se trouvent dans ces conditions mangent et ruminent même presque constamment du côté dont la glande continue à verser son produit dans la cavité buccale. Ces faits semblent indiquer que le sens de la mastication est le point de départ de la surexcitation de l'une des deux parotides. Du reste, ce qui peut encore faire penser qu'il en est ainsi, c'est que si, sur un animal dont les canaux parotidiens ont été entourés de ligatures d'attente, on vient à serrer celui du côté sur lequel a lieu la mastication, celle-ci continue à s'opérer sans changement pendant une période plus ou moins longue. De même, lorsque le jeu des mâchoires éprouve une inversion, il la conserve, bien qu'on ait serré le canal primitivement libre et rétabli le cours de la salive dans celui qui se trouvait d'abord intercepté.

Le deuxième caractère de l'action des parotides consiste dans l'insensibilité de ces glandes à l'influence des excitants. On peut mettre en contact avec la muqueuse buccale des sels, des acides affaiblis, des substances aromatiques, sans que les parotides des solipèdes fournissent, lors de l'abstinence, des quantités appréciables de salive, et sans que celles des ruminants qui sont constamment actives éprouvent une augmentation sensible de leur sécrétion. De même, la vue et l'odeur des aliments ne peuvent, chez l'animal le plus affamé, mettre en jeu l'activité de ces glandes (1). Les fistules du cheval à jeun, mis en regard de la mangeoire pleine de foin et d'avoine, ne laissent pas échapper une seule goutte de salive.

Le troisième caractère de la sécrétion parotidienne est de donner une salive limpide, très fluide, dépourvue de viscosité et très propre à pénétrer les substances

(1) Girard exprime l'erreur commune qu'il aurait pu aisément reconnaître. La vue des aliments n'a pas plus d'effet sur l'action des autres glandes que sur celle des parotides.

alimentaires : cette salive, dont les caractères et la composition seront ultérieurement indiqués, est versée dans une proportion qui dépasse de beaucoup celle que produisent toutes les autres réunies, lors même que ces dernières ont un volume supérieur à celui des parotides.

Si la sécrétion parotidienne a des caractères communs aux différents animaux, elle en a aussi qui ne lui sont propres que dans certains d'entre eux, et qui lui donnent une physionomie distinctive. Ainsi, elle est complétement suspendue lors de l'abstinence chez les solipèdes, tandis que, dans la même circonstance, elle conserve une activité considérable chez les ruminants, où elle se lie intimement aux phénomènes de la digestion gastrique et à ceux de la rumination : cette activité est telle, que les deux glandes donnent encore, dans les intervalles des repas, de 800 à 2400 grammes de liquide par heure.

Ainsi, l'action des parotides se dessine très nettement, soit dans ce qu'elle a de commun à tous les animaux, soit dans ce qu'elle a de particulier à chaque espèce.

1° Ces glandes sécrètent inégalement dans un temps déterminé, bien qu'elles paraissent toutes les deux soumises à des influences identiques. Elles alternent l'une avec l'autre : celle du côté sur lequel s'opère la mastication produit au moins un tiers de plus que l'autre ; mais elle donne ordinairement le double et quelquefois le triple de cette dernière.

2° Lorsque le sens de la mastication vient à changer, c'est-à-dire lorsque l'animal qui broyait les aliments sous les molaires droites, vient à les broyer sous les molaires gauches, il s'opère une inversion correspondante dans la sécrétion parotidienne : la glande qui d'abord était très active ralentit brusquement sa sécrétion, et l'autre accélère la sienne avec la même rapidité.

3° Les alternatives d'accélération et de ralentissement dans l'action des parotides se succèdent suivant l'ordre des changements qui surviennent normalement dans le sens de la mastication : elles sont moins prononcées lorsque ces changements se renouvellent à des intervalles de quelques minutes, que quand ils se produisent toutes les demi-heures ou toutes les heures.

4° Ces inégalités alternatives sont tellement inhérentes au mode d'action des parotides, qu'elles se manifestent encore pendant l'abstinence chez les ruminants, et durant la période assez courte de la persistance de la sécrétion après le repas chez les solipèdes.

5° Enfin, ces glandes destinées à produire la salive non visqueuse, sont généralement insensibles à l'action des excitants ; elles fonctionnent constamment chez les ruminants, et seulement pendant le repas chez les animaux solipèdes.

III. DE LA SALIVATION DES MAXILLAIRES.

Les glandes maxillaires, destinées à produire la salive visqueuse versée à l'entrée de la bouche, ont une action dont les attributs diffèrent essentiellement de ceux qui appartiennent à la salivation parotidienne.

Ces glandes, placées en arrière des dents qui n'agissent point suivant le mode unilatéral propre aux molaires des herbivores, ne paraissent pas se trouver dans des conditions qui exigent une sécrétion inégale. L'expérience démontre qu'elles fonc-

tionnent l'une comme l'autre, et qu'elles donnent, dans un temps quelconque, une quantité de salive à peu près la même pour les deux. Le sens de la mastication et les changements que celle-ci est susceptible d'éprouver, restent sans influence sensible sur leur activité. Il est facile de constater ce premier caractère, soit par deux, soit même par une seule fistule maxillaire.

Lorsqu'on adapte à l'un des canaux de Warthon l'appareil précédemment indiqué, on voit que la mastication a lieu tantôt à droite, tantôt à gauche, et que la sécrétion n'est pas plus abondante pendant que la mastication s'opère du côté de la fistule que lorsqu'elle se fait du côté opposé. Si l'on a établi deux fistules, on voit, pourvu que les tubes soient semblables, que les quantités de salive fournies par une glande sont, pour un même temps, sensiblement égales à celles données par l'autre. C'est ce que j'ai constaté maintes fois sur le cheval, le taureau, la vache et le bélier : il ne saurait y avoir aucun doute à cet égard.

La sécrétion des maxillaires, très abondante pendant le repas, jouit d'une activité proportionnelle à la vitesse de la mastication, à la qualité et à la sapidité des aliments. Ainsi, son produit est beaucoup plus considérable au commencement qu'à la fin du repas ; il est également augmenté lorsque l'animal mange de l'avoine, de la farine ou d'autres substances qui lui plaisent.

Elle est presque nulle pendant l'abstinence, et en cela, elle se distingue encore de la sécrétion parotidienne, qui est alors complétement suspendue. Chez les solipèdes et les ruminants elle donne toujours, dans cette circonstance, une très petite quantité de liquide qui se mêle à la salive non visqueuse pour être déglutie à des intervalles plus ou moins rapprochés.

Elle s'active considérablement sous l'influence des excitants mis en contact avec la muqueuse buccale, comme M. Bernard l'a observé sur le chien. Cet effet se produit constamment, d'après mes expériences, sur nos divers animaux domestiques. Les quantités de liquide que chaque glande fournit alors sont généralement inférieures à celles du liquide qui est sécrété pendant le repas. Ces quantités varient, du reste, suivant la nature des excitants, l'étendue des surfaces sur lesquelles ils agissent et les périodes de leur action ; elles diminuent graduellement à mesure qu'on s'éloigne du moment où l'excitant a été mis en contact avec la muqueuse, lors même qu'il y demeurerait appliqué ou y serait renouvelé.

La sécrétion des maxillaires n'est jamais, à beaucoup près, aussi abondante que celle des parotides, même lorsque les deux espèces de glandes ont un égal développement. Son produit est une salive épaisse, visqueuse, propre à enduire les matières alimentaires et à faciliter la déglutition : ses propriétés physiques, sa composition et son rôle physiologique la différencient notablement de la salive parotidienne.

Enfin cette sécrétion, dont les caractères exposés précédemment sont communs aux divers animaux, possède quelques particularités distinctives : la plus remarquable est celle de sa suspension pendant la mastication mérycique des ruminants ; mais nous reviendrons plus loin sur cette intéressante particularité.

Ainsi, uniformité dans l'action des deux glandes, sans variations correspondant au changement du rhythme de la mastication ; sécrétion abondante pendant le repas, et lorsque des substances sapides sont mises en contact avec la muqueuse buccale,

sécrétion excessivement faible, mais non suspendue pendant l'abstinence, production d'une salive visqueuse très différente de celle des parotides, tels sont les caractères les plus saillants du rôle des maxillaires.

Voici un spécimen de l'activité de ces glandes pour trois de nos espèces domestiques :

CHEVAL. FISTULE A DROITE				VACHE. FISTULE A DROITE.			BÉLIER. FISTULE A DROITE.		
Temps.	Quantité.	Sens de la mastication.	Observations. Aliments.	Temps.	Quantités.	Observations. Aliments.	Temps.	Quantités.	Observations. Aliments.
minutes.	gr.			minutes.	gr.		minutes	gr.	
15	31	à gauche .	foin.	15	110	foin.	15	27	foin.
15	26	à gauche .	foin.	15	85	foin.	15	20	foin.
45	24	à gauche .	foin.	15	65	foin.	15	25	foin.
15	22	à gauche .	foiu.	15	70	foin.	15	15	foin.
15	17	à droite. .	foin.	15	80	foin.	15	26	foin.
15	23	à droite. .	foin.	15	85	foin.	15	27	foin.
15	19	à droite. .	foin.	13	70	foin.	15	20	foin.
15	22	à gauche .	foin.	45	60	foin.	15	24	sel marin.
15	31	à gauche .	foin.	15	90	foin.	15	4	foin.
15	50	à gauche .	avoine.	15	70	sel marin.	15	2	abstinence.
15	23	à gauche .	foin.	15	20	genièvre.	15	8	poivre.
15	26	à droite. .	foin.	15	40	poivre.	15	20	sel marin.
15	26	à gauche .	foin.	15	80	poivre.	»	»	

IV. DE LA SALIVATION DES SUBLINGUALES.

La détermination du rôle des glandes dont les canaux peuvent recevoir des appareils, l'appréciation exacte des conditions, des caractères de leur sécrétion, et des relations qui existent entre l'action d'une glande et celle de toutes les autres, est une tâche facile; mais l'étude de la sécrétion des petits amas glanduleux, dont les canaux, déliés et nombreux, sont presque inaccessibles à l'expérimentation, présente de grandes difficultés. Ce n'est, en quelque sorte, que par des artifices, des moyens indirects qu'il est possible d'arriver à ce résultat.

Chez les solipèdes il faut procéder par voie d'élimination, faire couler à l'extérieur la salive des deux parotides et des deux maxillaires : alors, si l'animal mange, la salive qui imprègne les aliments provient des sublinguales, des molaires et des autres glandules, et s'il ne mange pas, le fluide dégluti, à des intervalles plus ou moins rapprochés, est encore cette même salive, qu'il est impossible d'obtenir directement. Ainsi, on peut voir quel est le produit total de toutes les petites glandes, et quelle est sa composition ; mais, par ce moyen, le fluide obtenu est encore un mélange de diverses salives visqueuses.

Chez les grands ruminants l'analyse expérimentale va plus loin : elle isole la salive de la sublinguale de toutes les autres.

La sublinguale est, chez ces animaux, pourvue à sa partie inférieure d'un canal

qui suit celui de la maxillaire et vient se terminer au même point que ce dernier. Or, ce canal supplémentaire, signalé par les auteurs des *Leçons d'anatomie comparée*, est assez grand pour qu'on puisse y placer un petit tube muni de son ampoule. Grâce à une si heureuse disposition, la petite glande a un rôle qui peut être déterminé avec autant de rigueur que celui des parotides et des maxillaires.

Fig. 39.

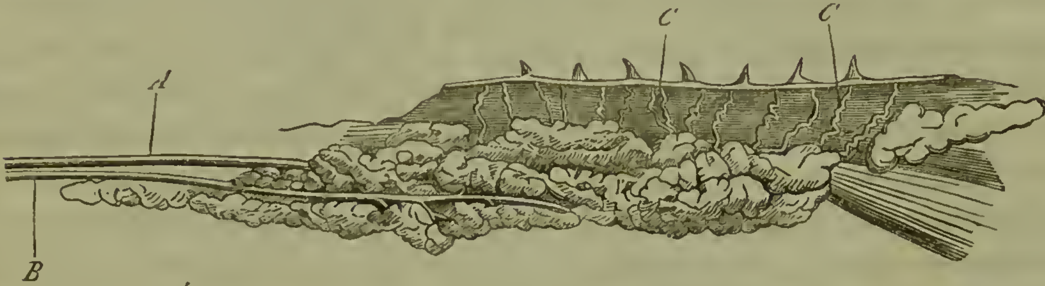


Fig. 39. — *Sublinguale du bœuf.*

B, canal inférieur de la sublinguale longeant celui de la maxillaire; *A*, canal de Warthon; *C C*, canaux supérieur ou de Rivinus.

Pour établir la fistule on fait une incision, dans l'espace intra-maxillaire, de 4 à 5 centimètres, en arrière de la surface génienne; on met à découvert le canal en isolant les granulations qui le recouvrent à la face interne de la glande, puis on l'isole, et enfin on y fixe le tube.

Dès que l'opération est achevée, on voit la salive couler en un filet très fin, ordinairement non interrompu; cette salive est si visqueuse que le filet descend jusqu'à terre sans se briser, et se renforce de temps en temps par une gouttelette qui, avant de s'étendre, forme un petit nœud longtemps à disparaître. Pendant le repas et la rumination, l'écoulement est continu sans aucune interruption; il l'est également lors de l'abstinence et lorsque des substances excitantes sont mises en contact avec la muqueuse buccale: seulement, il est plus abondant quand l'animal mange que dans toutes les autres circonstances; il donne alors de 18 à 20 grammes de liquide par heure.

En suivant attentivement l'expérience, on voit très nettement: 1° que la salive de la sublinguale est encore plus épaisse et plus visqueuse que celle de la maxillaire, et à tel point qu'elle ressemble à du mucus presque pur; 2° que la sublinguale sécrète *d'une manière continue* pendant que l'animal mange, et non pas seulement à l'instant de la déglutition, comme l'a avancé M. Cl. Bernard, d'après ses recherches sur les glandes salivaires du chien; 3° qu'elle sécrète sous l'influence des excitants mis dans la bouche, et que, par conséquent, elle agit, sous ce rapport, absolument comme la maxillaire; 4° enfin, on voit qu'elle fonctionne encore pendant l'abstinence pour concourir à la production du liquide mixte qui humecte la muqueuse des premières voies digestives.

Quant à ce qui concerne les molaires et les autres glandules, il n'est pas possible d'analyser leur action. On pourrait, après avoir fait la ligature des canaux parotidiens et des canaux maxillaires, engager dans la bouche et fixer à la face interne des joues de petites éponges qui s'imprégneraient du produit de ces glandes non mélangé au fluide des amygdales et de la couche folliculaire du voile du palais.

En isolant avec soin les molaires supérieures (1) des inférieures, et en les traitant ensuite chacune par l'eau, on constate, d'une part, que les molaires supérieures, qui sont formées d'un tissu jaune et mou comme celui des maxillaires, communiquent à l'eau une grande viscosité ; d'autre part, que les molaires inférieures, dont le tissu paraît semblable à celui des parotides, ne donnent pas au liquide une viscosité sensible Or, puisque la substance des molaires supérieures se comporte, par l'infusion dans l'eau, comme les maxillaires et les sublinguales, il est probable que les premières sécrètent un liquide analogue à celui des secondes ; de même, les molaires inférieures, si développées chez le bœuf, où elles ont un volume double des sublinguales, paraissent sécréter une salive peu différente de celle des parotides : aussi pourrait-on, à juste titre, les appeler *parotides accessoires.*

Maintenant que le rôle de chacune des glandes salivaires est déterminé, il faut envisager ce rôle dans ses rapports avec celui de toutes les glandes, ou, en d'autres termes, l'action collective du système salivaire.

V. DE LA SALIVATION DANS SON ENSEMBLE.

Si chaque glande a sa manière d'agir, sa vitalité propre, son espèce d'indépendance ou d'individualité, le système salivaire a aussi, dans son ensemble, une physionomie particulière et distinctive pour chacune des principales conditions dans lesquelles se trouvent les animaux. Ce système fonctionne pendant le repas, la rumination, l'abstinence et pendant que des substances excitantes sont mises en contact avec la muqueuse buccale, suivant des lois qui ne sont point les mêmes pour ces quatre circonstances.

Pendant le repas, toutes les glandes fonctionnent très activement : les deux parotides sécrètent; mais elles ne versent pas toutes les deux, pendant une période donnée, la même quantité de salive ; l'une, celle du côté sur lequel la mastication s'opère, produit le tiers, le double, le triple et même le quadruple de ce que produit l'autre : elles fournissent de la salive en abondance tant que la mastication est rapide; elles ralentissent leur action sur la fin du repas et à mesure que la mastication devient languissante. Les maxillaires sécrètent aussi ensemble, et donnent l'une et l'autre à peu près la même quantité de salive : toutefois, leur produit ne représente ni la moitié, ni même le tiers de celui des parotides chez les animaux où ces deux espèces de glandes sont sensiblement égales. Les sublinguales sécrètent aussi, et l'expérience le démontre. Enfin tout porte à croire qu'il en est encore ainsi pour les molaires et les autres glandules. Quant à celles-ci, l'expérimentation peut encore, sinon par des moyens directs, au moins par des voies détournées, mettre en évidence leur participation et même l'apprécier assez exactement.

En effet, si, après avoir établi deux fistules parotidiennes et deux fistules maxillaires de manière à recueillir leur produit, on vient à donner des aliments à l'animal, et si on recueille les bols qui s'échappent d'une ouverture pratiquée à l'œsophage, on voit, en défalquant le poids des aliments de celui des bols, que, dans une période

(1) Glandes sous-zygomatiques de M. Duvernoy.

d'un quart d'heure, par exemple, les sublinguales et les autres glandules ont produit une quantité considérable de salive absorbée par les matières alimentaires, quantité qui, additionnée avec celle reçue dans les ampoules, donne un total peu différent de celui qu'on avait obtenu dans une période précédente, alors que tous les canaux étaient libres, afin d'avoir un terme de comparaison.

On pourrait objecter à ce mode d'expérimentation que, si les sublinguales et les autres glandules sécrètent lorsque les parotides et les maxillaires versent leur produit à l'extérieur, c'est qu'elles restent seules pour fournir les liquides qui doivent imprégner les aliments. L'objection, si spécieuse qu'elle paraisse, n'a pas une grande valeur, et on peut la réfuter expérimentalement. En effet, si les sublinguales et les molaires ne sécrétaient que pour suppléer les parotides et les maxillaires, elles rentreraient dans l'inaction lorsqu'on laisserait, par exemple, les parotides et les maxillaires verser leur salive dans la bouche. Or, en prenant un terme de comparaison, quand tous les canaux sont libres, on constate, après avoir fait successivement, à des intervalles plus ou moins éloignés, une, deux fistules parotidiennes, puis une et deux fistules maxillaires, que, dans des temps égaux et successifs, les quantités de salive sont peu différentes les unes des autres, eu égard toutefois à la gêne de plus en plus grande apportée à la mastication. Au moyen de cette méthode progressive, qu'il est plus facile de comprendre que d'exposer, on arrive à cette conclusion que, lors de la mastication, toutes les glandes sécrètent ensemble, et qu'elles jouissent de leur maximum d'activité.

Dans cette circonstance, toutes les dents agissent et toutes les glandes fonctionnent : les maxillaires pour humecter les matières alimentaires dès qu'elles pénètrent dans la bouche ; les parotides pour les ramollir lorsqu'elles se broient sous les molaires, et enfin les diverses glandes à salive visqueuse pour faciliter la déglutition de ces matières.

Pendant la rumination, les phénomènes de la salivation ne sont point ce qu'ils étaient précédemment. Les parotides versent une grande quantité de salive sur les aliments, bien qu'ils aient été déjà broyés et humectés dans la bouche et dans le premier réservoir gastrique. La salive qu'ils reçoivent est très peu inférieure à celle qui afflue dans la bouche lors de la première mastication ; mais encore ici, les deux glandes conservent le caractère d'alternance et d'inégalité d'action : alors, les incisives ne fonctionnent pas ; l'aliment ne revient pas à l'entrée de la cavité buccale, le système salivaire antérieur demeure inactif : les maxillaires se reposent ; c'est tout au plus si elles donnent, dans cette circonstance, des quantités très minimes égales à celles qu'elles peuvent fournir pendant l'abstinence. C'est là, du reste, l'une des particularités les plus intéressantes de l'action des glandes salivaires chez les ruminants : elle montre bien l'indépendance dans laquelle les glandes se trouvent les unes relativement aux autres.

Lors de l'abstinence, le *modus faciendi* des glandes salivaires se présente avec des caractères nouveaux, mais qui varient suivant les animaux.

Chez les solipèdes, les parotides restent inactives et les maxillaires ne donnent que quelques gouttes de liquide : l'expérience le prouve de la manière la plus saisissante. Pourtant, la bouche est alors constamment humectée, et de plus, l'animal avale de temps en temps, comme M. Riquet l'a remarqué, des ondées d'un fluide

visqueux : celui-ci ne vient donc dans ce cas ni des parotides ni des maxillaires, puisque ces glandes sommeillent tant que dure l'abstinence.

L'établissement de deux fistules parotidiennes qui ne donnent rien et de deux fistules maxillaires qui fournissent très peu de chose, démontre donc clairement que les autres petites glandes, de même que les amygdales, la couche glanduleuse du voile du palais, etc., fournissent la salive déglutie ; il prouve de plus que presque toute cette salive dérive de ces dernières, car si, après avoir lié les canaux des parotides et des maxillaires, on adapte une ampoule à robinet à l'œsophage, on voit que la quantité du liquide dégluti est sensiblement la même dans un temps donné que celle qui s'écoule dans une période égale, lorsque tous les canaux salivaires sont demeurés libres. Mais pour arriver ici à des résultats comparables, il importe de prolonger les épreuves, attendu que la somme de salive déglutie durant l'abstinence est assez variable suivant diverses circonstances.

Pendant l'abstinence, chez les ruminants, les parotides ne sont pas inactives ; elles versent continuellement dans la bouche, du huitième au quart de la somme totale de salive qu'elles sécrètent sous l'influence de la mastication. Ici encore, comme dans toutes les autres conditions, les maxillaires ne donnent que très peu de chose ; mais les sublinguales, les molaires supérieures, les glandes du voile du palais, fournissent une notable fraction de la salive déglutie, si on en juge par la viscosité de cette dernière.

Si on ouvre l'œsophage à un grand ruminant en bonne santé, et si on adapte à ce conduit un tube muni d'une ampoule, on verra bientôt celle-ci se remplir de salive épaisse. Si, sur un autre, on introduit par une plaie pratiquée au flanc et au rumen, le bras jusqu'au cardia et au réseau, on sent, à des intervalles assez rapprochés, descendre des ondées de salive visqueuse qui tombent en majeure partie dans le second estomac. D'ailleurs, on note cette déglutition sans le secours d'aucune expérience par les mouvements ondulatoires de l'œsophage et les bruits qui les accompagnent.

En vertu de quelles excitations particulières y a-t-il une sécrétion salivaire si abondante chez les ruminants lors de l'abstinence? Est-ce par l'effet d'une sympathie entre l'estomac et le système salivaire? Je ne sais ; mais ce qu'il y a de certain, et j'en donnerai la preuve plus tard, c'est que cette sécrétion est intimement liée à la rumination et indispensable à l'entretien de cet acte : ainsi nous connaissons souvent le but ou l'utilité des phénomènes sans pouvoir découvrir les moyens qui les produisent. En somme, la salivation de l'abstinence diffère donc ici considérablement de ce qu'elle est chez les solipèdes, surtout sous le rapport de son abondance et de l'activité incessante des parotides chez les animaux qui ruminent.

Enfin, dans la quatrième condition que nous avons indiquée, c'est-à-dire lorsque des substances excitantes sont mises en contact avec la muqueuse buccale, l'action des glandes salivaires se présente sous une forme spéciale aussi nettement dessinée que toutes les autres. Alors les parotides ne sont pas, si ce n'est par exception, sensiblement influencées ; mais les maxillaires, les sublinguales et les glandules à salive visqueuse fonctionnent avec une activité plus ou moins grande, suivant le genre, la vivacité de l'excitation, l'étendue des surfaces sur lesquelles elle a lieu, et la durée de sa persistance. Encore ici, certaines glandes agissent indépendam-

ment des autres, comme si elles n'avaient rien de commun avec ces dernières. J'avais donc raison de dire que l'action du système salivaire a une physionomie spéciale et très caractéristique dans chacune des conditions dont je viens de parler.

Maintenant cherchons à déterminer la quantité totale de salive fournie par tout le système salivaire, et la proportion suivant laquelle chaque glande contribue à cette quantité.

On reproduit dans tous les livres de physiologie quelques chiffres incohérents à l'aide desquels on voudrait établir la quantité de salive sécrétée dans un temps donné et dans une période de vingt-quatre heures : avec le soldat d'Helvétius, qui mouillait plusieurs serviettes à chaque repas, les auteurs citent le cheval de Girard, cheval qui donnait par ses deux canaux parotidiens dix litres de salive en mangeant une demi-botte de foin (1), et un autre de Schultz, fournissant plus de cinquante-cinq onces de liquide en vingt-quatre heures par une seule de ses parotides, etc. Cependant rien n'est simple comme de déterminer avec exactitude la quantité totale de salive sécrétée dans un temps quelconque, en recueillant par une plaie œsophagienne les bols provenant d'une masse d'aliments préalablement pesés. Pour cela il suffit de tenir compte : 1° du poids des aliments donnés à l'animal ; 2° du temps qu'il met à les manger ; 3° du poids des bols déglutis. Si l'on ne prend en considération que la quantité de salive absorbée par les matières alimentaires, il est clair qu'on ne peut arriver à cette détermination : ainsi, de ce que l'avoine n'absorbe qu'environ une fois son poids de salive, tandis que le foin en absorbe quatre fois autant, il ne faudrait pas conclure que le cheval sécrète moins quand il fait usage du premier aliment que lorsqu'il consomme des fourrages secs, car c'est précisément le contraire qui a lieu, comme nous le verrons tout à l'heure.

J'ai vu, en expérimentant suivant le mode précédemment indiqué, qu'un cheval de petite taille donne pour toutes ses glandes salivaires 4960 grammes de salive par heure, qu'un second de taille moyenne en fournit 5200 grammes, et un troisième de forte taille jusqu'à 8800 dans le même espace ; d'où l'on peut conclure que, terme moyen, les glandes d'un cheval qui mange du foin sécrètent de 5000 à 6000 grammes de salive par heure. Elles produisent un tiers en sus lorsque l'animal mange de l'avoine, une moitié pendant qu'il mange de l'herbe verte, et le tiers seulement de cette somme si son repas est composé de racines, telles que la betterave ou les navets. Les expériences de M. Lassaigne (2), qui coïncident avec celles de la commission d'hygiène, ont appris que les fourrages secs absorbent quatre fois leur poids de fluides salivaires, l'avoine un peu plus d'une fois, la farine près de deux fois ce poids, et les fourrages verts à peine la moitié de ce dernier.

Si l'abondance de la sécrétion salivaire varie dans un même temps suivant la nature des matières alimentaires et la proportion d'eau qu'elles contiennent, cette sécrétion éprouve également des variations notables en rapport avec les principales périodes des repas. On est porté à croire qu'après douze ou vingt-quatre heures

(1) Burdach et M. Bérard disent une demi-livre : c'est une erreur.
(2) *Abrégé élémentaire de chimie*, 4e édit., t. II, p. 714.

d'abstinence, la salivation est plus active au début du repas qu'à partir du moment où la faim commence à s'apaiser ; il n'en est rien pourtant, et c'est précisément l'inverse que l'expérience démontre, surtout pour les parotides. Il semble que ces dernières ne puissent, après un repos prolongé, sortir de leur engourdissement et suspendre tout d'un coup le mouvement de leur activité sécrétoire ; c'est, du moins, ce que j'ai constamment observé. La même particularité ne se reproduit pas pour les maxillaires qui ne sont jamais complétement inactives lors de l'abstinence ; elles paraissent même donner dès les premiers moments de la mastication leur produit le plus élevé. Mais en somme, puisque la salive parotidienne, dont la proportion est prédominante, coule moins au début du repas que plus tard, on conçoit la gêne manifeste apportée alors dans la déglutition, gêne qui tient, du reste, en partie à la précipitation avec laquelle l'animal commence à manger et à avaler des bols imparfaitement humectés ou trop volumineux.

Le maximum d'activité de la salivation ne se montre donc qu'un certain temps après le début du repas. Cette activité diminue à partir du moment où la faim s'apaise et elle se ralentit dans le même rapport que la mastication. Aussi peut-on dire que l'écoulement de la salive est directement proportionnel à la vitesse de cette dernière ; qu'il est abondant quand la mastication est active, qu'il se ralentit et s'arrête presque avec elle : c'est là, d'ailleurs, un point que l'expérience établit et qui avait à peine besoin de démonstration.

La quantité totale du liquide sécrété par le système salivaire, dans une période de vingt-quatre heures, peut être aisément évaluée, et d'une manière assez exacte, à l'aide des données précédentes. En effet, puisqu'on sait, d'une part, que le foin absorbe, pour être dégluti, à peu près quatre fois son poids de fluide salivaire, et, d'autre part, que le cheval avale pendant l'abstinence, en moyenne, de 100 à 150 grammes de salive par heure, il est facile d'apprécier, à très peu de chose près, la somme totale de salive fabriquée pendant la période dont nous parlons. Un cheval qui consomme 5000 grammes de foin et 5000 grammes de paille par jour a besoin, pour transformer ces aliments en bols propres à être déglutis, de 40,000 grammes de salive, qu'il faut joindre à environ au moins 2000 grammes du même fluide produit pendant les dix-sept à dix-huit heures d'abstinence, en tout 42,000 grammes. On arrive à une évaluation semblable si on admet qu'il faut, en général, de six à sept heures de mastication pour qu'un cheval consomme une ration journalière ainsi composée, ses glandes donnant de 5000 à 6000 grammes par heure.

Chez les ruminants, la somme totale de salive sécrétée en vingt-quatre heures est encore plus considérable. En supposant qu'un bœuf mette trois heures à prendre ses repas d'une journée et cinq heures à ruminer, comme il semble d'ailleurs résulter de mes recherches, on trouve que, pendant ces huit heures de mastication, il doit se produire au moins 40,000 grammes de salive, et que, pendant les seize heures d'abstinence, il se sécrète 16,000 grammes du même liquide, en tout 56,000 grammes ; et, certes, cette évaluation est plutôt inférieure que supérieure à la moyenne donnée par les résultats combinés de l'expérimentation.

Il est évident que la quantité des fluides salivaires n'est pas aussi considérable lorsque les animaux se nourrissent de fourrages verts ou de racines aqueuses.

Lorsqu'on réfléchit à ces chiffres énormes, on s'étonne du travail nécessaire à la

séparation d'une telle quantité de liquide, et l'on a peine à concevoir que cette quantité puisse être extraite du sang dans un temps si court. Nul doute que ce dernier fluide, après avoir perdu, sous l'influence de la salivation, une si grande somme de principes aqueux, ne présente plus la même composition qu'auparavant. Ce sujet mérite d'attirer l'attention des chimistes.

La part que chacune des glandes salivaires prend à la formation de la masse totale du fluide versé dans la bouche n'est pas impossible à déterminer : son appréciation ne manque pas d'intérêt, puisque les salives des diverses glandes ne sont point identiques par leur composition chimique et leur mode d'action sur les substances alimentaires.

On pourrait croire, tout d'abord, que la proportion de salive sécrétée par chaque glande est susceptible d'être établie d'après les rapports de volume ou de poids qui existent entre les glandes; qu'ainsi, par exemple, chez le cheval, la parotide, quatre fois aussi volumineuse que la maxillaire, donne un produit quadruple de celui de cette dernière, et que, chez le bœuf, où ces glandes sont à peu près égales, elles doivent donner sensiblement la même masse de liquide. Il n'en est rien : chacune de ces parties du système a son activité spéciale mise en jeu sous l'influence de certaines excitations. La parotide du cheval, au lieu de sécréter le quadruple du produit de la maxillaire, sécrète quinze à vingt fois autant que celle-ci; la parotide du bœuf, à peine égale à la maxillaire du même animal, donne quatre à cinq fois autant qu'elle. C'est là un résultat très remarquable que rien ne pouvait faire soupçonner.

Si l'on cherche à déterminer la proportion qui existe entre le produit des parotides et celui de toutes les autres glandes réunies, il faut d'abord apprécier, par une expérience préalable, la quantité totale du liquide fourni par tout le système dans un temps donné, puis faire deux fistules parotidiennes pour recueillir leur produit pendant que, d'un autre côté, on reçoit avec les bols qui sortent d'une fistule œsophagienne la salive des maxillaires, des sublinguales, etc. Or, un petit cheval ayant donné par toutes ses glandes, en vingt-cinq minutes, 1900 grammes de salive, a fourni, dans les vingt-cinq minutes suivantes, 2000 grammes, dont 1400 pour les parotides, soit donc les sept dixièmes du total pour la part de ces dernières. Un second donna en somme, dans l'épreuve, 1290 grammes en douze minutes, et ensuite 1377 dans un temps égal, dont 1020 pour la parotide, soit encore les sept dixièmes ou plus exactement les trois quarts fournis par ces dernières.

Le rapport qui existe entre la quantité de salive maxillaire et celle des autres glandes (les parotides y comprises) est plus facile à apprécier; on le trouve en faisant des fistules maxillaires sur des sujets préalablement soumis à des épreuves analogues à celles qui ont été précédemment indiquées, et en recueillant, d'un côté, le produit des fistules et, de l'autre, la salive qui imprègne les bols déglutis. Or, en tenant compte de la difficulté qui peut être apportée, chez le cheval, à l'écoulement de la salive maxillaire après l'établissement des fistules, on peut sans exagération admettre que chacune d'elles sécrète, en un quart d'heure, 35 grammes de salive, ou 280 pour les deux en une heure. Cette quantité représente, par conséquent, le vingtième de 5500 grammes sécrétés en moyenne par tout le système salivaire pendant une heure.

Il ne faut point attacher ici une extrême rigueur aux proportions, car les expé-

riences nécessaires à leur détermination dérangent un peu l'équilibre de la salivation. Cependant il ne faut pas non plus les considérer comme étant bien éloignées de la vérité, car bien que le système salivaire sécrète un peu plus sur l'animal porteur de deux fistules salivaires, les rapports d'activité entre les diverses glandes ne sont point changés. En effet, ce qui augmente la somme des fluides versés dans la bouche, c'est la difficulté de la mastication, la sécheresse de l'aliment, la lenteur de son imprégnation. Or, ces diverses circonstances réagissent autant sur les glandes dont les produits s'écoulent à l'extérieur que sur les autres.

Tels sont, d'après mes recherches (1), les phénomènes généraux de l'action des diverses glandes qui composent le système salivaire. On peut voir, en comparant ce qui précède avec les idées récemment émises par M. Bernard (2), que les résultats de mes expériences ne sont guère en harmonie avec les théories de cet ingénieux physiologiste.

M. Bernard fait trois appareils salivaires : un pour la mastication, un autre pour la gustation et un troisième pour la déglutition.

Les parotides composeraient le premier et sécréteraient exclusivement pour la mastication. Sans doute elles agissent pendant que cet acte s'opère, et en cela elles partagent l'activité commune à toutes les glandes qui versent alors de grandes quantités de salive dans la bouche; mais ce n'est pas l'acte de la trituration des aliments qui les fait fonctionner.

En effet, d'une part, elles sécrètent : 1° quand on met des aliments dans la cavité buccale, bien qu'à l'aide d'un appareil très simple on rende impossibles les plus légers mouvements des mâchoires; 2° elles sécrètent constamment lors de l'abstinence, des quantités considérables de liquide chez les animaux ruminants ; 3° elles sécrètent assez souvent après le repas chez les chevaux qui, par suite d'une usure irrégulière des dents ou d'une atonie particulière des joues, conservent des aliments dans la bouche ; 4° elles agissent quelquefois, très rarement il est vrai, sous l'influence du sel marin, qui impressionne le sens du goût, bien qu'il n'y ait encore, dans ce cas, rien d'analogue à la mastication.

D'autre part, si ce dernier acte était la cause qui mît en jeu l'action des parotides, ces glandes sécréteraient, quand on force un animal à mâcher, pendant un temps assez long, de l'étoupe, du vieux linge et d'autres substances sans saveur. Or, elles ne fonctionnent pas dans cette circonstance, bien qu'il y ait une véritable mastication.

Ce n'est donc pas la mastication qui est la cause, le point de départ de l'activité des parotides. Cet acte influence la sécrétion de ces glandes comme celle de toutes les autres, en facilitant l'impression des aliments sur le sens du goût, par suite de la division qu'il leur fait subir.

(1) Lecture à la Société de biologie le 27 décembre 1851. La Société n'en a fait nulle mention, ni dans ses procès-verbaux, ni dans ses mémoires, bien que le manuscrit soit resté entre les mains d'une commission.

G. Colin, *Recherches expérimentales sur la sécrétion de la salive chez les solipèdes*, 1er mars 1852. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIV, p. 327.) — *Id. Recherches expérimentales sur la sécrétion de la salive chez les ruminants*. (*Comptes rendus*, etc., même tome, 3 mai 1852, p. 681.)

(2) C. Bernard, *Recherches d'anatomie et de physiologie comparées sur les glandes salivaires chez l'homme et les animaux vertébrés*. (*Comptes rendus*, même tome, p. 236, 16 février 1852.)

Les maxillaires sont, dit-on, les glandes de la gustation.

Il est incontestable qu'elles sécrètent lorsque l'animal mange, et, par conséquent, lorsqu'il y a gustation. Mais, dans ce cas, toutes les autres glandes, sans aucune exception, n'en font-elles pas autant ? Si les premières agissent sous l'influence des substances excitantes mises en contact avec la muqueuse buccale, c'est sans doute parce qu'elles sont plus sensibles que les autres à cette espèce de stimulation. Les sublinguales, les molaires supérieures et les autres glandules éprouvent de même une surexcitation dans cette circonstance, ainsi qu'il est très facile de le constater expérimentalement ; en un mot, toutes les glandes à salive visqueuse sont mises en jeu consécutivement à l'impression déterminée par les substances sapides : la maxillaire ne semblerait-elle pas ressentir plus vivement l'action de ces dernières, parce qu'elle est d'un volume énorme et que son canal permet de bien voir couler la salive ? Encore est-il bien vrai qu'elle sécrète alors, proportionnellement à sa masse, plus que les autres ? C'est ce qu'il reste à démontrer.

D'ailleurs si les maxillaires sont les glandes de la gustation, pourquoi ne sécrètent-elles pas pendant la rumination ? Les aliments ramenés à la bouche n'ont-ils donc plus de saveur ? et, s'ils sont insipides, quel attrait l'animal peut-il avoir à les mâcher une seconde fois ?

Enfin la salive de la maxillaire est-elle la seule qui puisse tantôt délayer les matières sapides pour faciliter leur action, tantôt modérer la vivacité de leur impression ? les autres salives épaisses, visqueuses comme elles, ne peuvent-elles remplir cet office ? Si la première jouit réellement, et à l'exclusion de toutes les autres, d'une telle propriété, comment se fait-il que, quand on a fait couler à l'extérieur la salive des deux maxillaires, l'animal continue à bien manger et à choisir le bon foin pour repousser le mauvais et la paille. Faut-il croire que, dans ce cas, il n'y ait plus de gustation ?

Quant à l'appareil salivaire de la déglutition, est-il bien possible aussi de le délimiter, de lui assigner un mode d'action tout à fait spécial et un rôle exclusif ? Ici encore l'expérience ne confirme point les vues systématiques.

J'ai dit que la sublinguale possède, dans les ruminants, un canal particulier qui, chez le bœuf, a une situation et un volume se prêtant à merveille à l'établissement d'une fistule. Or, quand on a fixé un tube à ce canal, on voit la salive de la petite glande couler, et d'une manière *continue*, tant que l'animal mange, ou lorsque des substances excitantes sont mises en contact avec la muqueuse buccale, d'où il suit que la sublinguale agit comme la maxillaire. Je ne sais comment on a pu voir qu'elle sécrétait seulement pour la déglutition et à l'instant même du passage des aliments de la bouche dans le pharynx. Si le fait est vrai pour le chien, auquel on veut bien donner une sublinguale (1), il ne l'est certainement pas pour nos ruminants domestiques.

Enfin, les molaires et les autres glandules, que M. Bernard fait appartenir à l'appareil de la déglutition, fonctionnent, selon toute apparence, comme les sublinguales. Elles fournissent d'abord la plupart des sucs qui humectent la bouche lors de l'absti-

(1) Ce qu'on appelle ainsi est, d'après Cuvier et M. Duvernoy, une petite glande pourvue d'un canal particulier, laquelle semble n'être qu'un prolongement des maxillaires. (*Leçons d'anatomie comparée*, t. IV, 1re partie, p. 424.)

nence ; de plus, elles versent, sous l'influence des excitants, une quantité de fluides supérieure à celle qu'elles donnent dans les circonstances ordinaires. La molaire inférieure, qui est si volumineuse chez les ruminants, et qui sécrète de la salive non visqueuse, doit être distraite de cette catégorie.

VI. DES PROPRIÉTÉS ET DE LA COMPOSITION DES FLUIDES SALIVAIRES.

Les glandes salivaires, déjà si nettement distinguées les unes des autres par les caractères qui appartiennent à l'action de chacune d'elles, se différencient encore par les propriétés des fluides qu'elles sécrètent.

La salive des parotides est claire et d'une limpidité presque égale à celle de l'eau ; elle a, vue en grande masse, un reflet très légèrement opalin. Elle mousse fortement par l'agitation et donne à l'eau avec laquelle on la mêle la même propriété. Sa saveur est à peine salée, et sa réaction constamment alcaline sur nos divers animaux. M. Lassaigne a trouvé que celle de la vache a une densité de 1,0108, celle du cheval de 1,0045 et celle du bélier 1,0102, à la température de 15 degrés centigrades.

La commission académique qui a examiné comparativement la salive parotidienne et la salive mixte du cheval a vu, dans la première, des flocons formés de carbonate de chaux et de matière animale. On y trouve presque toujours des débris d'épithélium, surtout lorsque la fistule date de quelques jours. Sa composition a été déterminée pour le cheval, la vache et le bélier, par M. Lassaigne, d'après les produits que j'ai recueillis avec le plus grand soin. Le savant chimiste l'a exprimée ainsi (1) :

CHEVAL.		VACHE.		BÉLIER.	
Eau.	992,00	Eau.	990,74	Eau.	989,00
Mucus et albumine.	2,00	Mucus et matière animale soluble. .	0,44	Mucus et matière animale soluble.	1,00
Carbonate alcalin. .	1,08	Carbonate alcalin. .	3,38	Carbonate alcalin.	3,00
Chlorure alcalin. .	4,92	Chlorure alcalin. .	2,85	Phosphate alcalin.	1,00
Phosphate alcalin et phosphate de chaux.	traces.	Phosphate alcalin. .	2,49	Chlorure alcalin. .	6,00
		Phosphate calcique.	0,10	Phosphate de chaux	traces.
	1000,00		1000,00		1000,00

Les sels alcalins sont à base de soude et de potasse, comme l'indiquent le bichlorure de platine et l'antimoniate de potasse.

MM. Tiedemann et Gmelin (2), qui ont analysé celle du chien, ont trouvé qu'elle contient : 1° très peu de matière animale soluble dans l'eau (osmazome) ; 2° une assez grande quantité de matière animale soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool (matière salivaire) ; 3° du mucus ; 4° beaucoup de chlorure alcalin, une quantité médiocre de carbonate, peu d'acétate et de sulfate; enfin très peu de phosphate (l'alcali est de la soude, avec une très petite quantité de potasse); 5° enfin un peu de phosphate calcaire, avec une petite quantité de carbonate de chaux.

(1) *Journal de chimie médicale*, 1852, t. VIII, IIIe série, p. 393.
(2) *Ouv. cit.*, 1re partie, p. 18.

La salive maxillaire, épaisse, visqueuse, filante, est un peu moins alcaline que la salive parotidienne. M. Lassaigne, qui a examiné celle que j'ai obtenue pour la première fois, sur les solipèdes et les ruminants domestiques, a trouvé celle de la vache composée de la manière suivante :

DENSITÉ 1,0065.

Eau.	991,14
Mucus	1,73
Matière animale soluble.	1,80
Carbonate alcalin.	0,10
Chlorure alcalin.	5,02
Phosphate alcalin.	0,15
Phosphate calcique.	0,06

On voit par ces chiffres que la salive maxillaire diffère notablement de la salive parotidienne, et que moins de deux millièmes de mucus suffisent à rendre la première extrêmement visqueuse. Voici, du reste, les caractères différentiels de ces deux fluides recueillis en même temps et sur le même animal.

RÉACTIFS.	SALIVE PAROTIDIENNE.	SALIVE MAXILLAIRE.
Eau distillée. . . .	Rien.	Rien.
Eau de puits. . . .	Se trouble légèrement. . .	Ne se trouble pas.
Chaleur.	Reste limpide.	Se trouble et devient opaline.
Acide azotique. . .	Légère effervescence sans trouble	Se trouble et devient plus visqueuse.
Azotate d'argent. . .	Précipité jaune serin en partie soluble dans l'acide azotique.	Magma blanc opaque et consistant comme du mucus épaissi
Sous-acétate de plomb.	Précipité blanc floconneux .	Magma blanc opaque et demi-solide.
Sulfate ferrique. . .	Précipité blanc jaune chamois	Magma gélatineux jaune rougeâtre assez consistant.
Chlorure mercurique. .	Trouble et précipité blanc peu abondant.	S'épaissit et se transforme en une glaire transparente.
Acide tannique. . .	Rien.	S'épaissit, devient filante et muqueuse.
Alcool à 88° cent. . .	Léger trouble	Flocons glaireux et visqueux.

La salive des sublinguales, peu épaisse, peu visqueuse, moins alcaline peut-être que la salive des parotides et des maxillaires, n'a pas été analysée ; mais il est facile d'en extraire assez sur le bœuf pour en apprécier les propriétés et la composition.

Enfin, la salive mixte, c'est-à-dire le mélange des divers fluides destinés à humecter la bouche pendant l'abstinence, a d'autres caractères. Mais il faut distinguer ici trois espèces de salives mixtes, savoir : 1° celle de l'abstinence qui provient des sublinguales, des diverses glandules, et en très faible partie, des maxillaires ; 2° celle du repas qui est un mélange de toutes les salives suivant les proportions normales ; 3° enfin, la salive mixte de la rumination, qui diffère de la première par l'absence à peu près complète du fluide des maxillaires. Cette distinction est importante : si on l'eût faite, les analyses données par quelques auteurs auraient une autre valeur que celle qu'elles possèdent en réalité. La commission académique dont j'ai déjà parlé, a employé un excellent moyen pour obtenir la seconde.

La salive mixte est plus épaisse, plus visqueuse que le produit des maxillaires et des sublinguales : elle a une alcalinité moins prononcée que la salive parotidienne comme la commission l'a constaté. J'ai cru remarquer que le degré d'alcalinité est en raison inverse de la viscosité, tant pour les fluides salivaires que pour certains produits de sécrétion, tels que la bile, le suc pancréatique et les sucs intestinaux.

On a signalé dans la salive la présence de quelques substances sur lesquelles il s'est élevé beaucoup de contestations. Ainsi, on y a indiqué de l'acétate de soude et de potasse, de la silice, des phosphates et du carbonate magnésien, du sulfo cyanure de potassium, des matières grasses, et enfin, une matière animale désignée sous le nom de *ptyaline* par Berzelius, puis une autre appelée *diastase salivaire.* Pour s'entendre sur ce point, il faudrait d'abord bien distinguer les salives, les recueillir pures et ne pas discuter tantôt d'après ce qui a été vu sur celle de l'homme, tantôt d'après ce qu'on a observé sur le chien ou le cheval.

VII. DU RÔLE DE LA SALIVE.

La salive a plusieurs usages divers relatifs à la mastication, à la gustation, à la déglutition, à la rumination, et enfin, aux modifications physiques et chimiques que doivent éprouver les substances alimentaires.

La salive est indispensable à la trituration des aliments. Aussi, dans tous les animaux chez lesquels il y a mastication, on trouve des glandes salivaires très développées. Lorsque par le secours des expériences, on diminue la quantité de salive qui afflue à la bouche, la mastication se ralentit, devient pénible, irrégulière, incomplète. Si la plus grande partie de ce fluide coule à l'extérieur, les aliments se tassent sous la pression des dents, ils s'assouplissent, mais ils ne se divisent et ne se réduisent en pâte qu'avec une extrême difficulté. Un cheval auquel on fait deux fistules parotidiennes ne peut manger, dans un temps donné, que le tiers, et tout au plus, la moitié de ce qu'il mangeait auparavant.

Elle est nécessaire pour rendre la gustation aussi parfaite que possible. C'est elle qui délaie, dissout les substances sapides, facilite leur dissémination sur une grande surface, leur contact avec les papilles sensitives ; elle modère aussi l'impression trop vive de ces substances et les entraîne dès que leur action cesse d'être agréable. Il n'y a de gustation très étendue que parmi les animaux pourvus d'un système salivaire très développé.

La salive est non moins utile à la déglutition des aliments solides qu'à leur divi-

sion et à leur action sur le sens du goût. Après que l'expérimentateur a fait couler à l'extérieur la salive aqueuse des parotides, et, bien qu'il reste tous les fluides visqueux des autres glandes, le transport des matières alimentaires de la bouche à l'estomac devient pénible ; les bols sont plus petits ; l'animal les avale avec effort en étendant parfois la tête sur l'encolure ; on voit ceux-ci descendre avec lenteur et s'arrêter souvent vers le milieu du cou jusqu'à l'instant où un second vient les pousser plus loin ; ils s'arrêtent encore assez fréquemment dans la portion thoracique de l'œsophage des solipèdes, gênent la respiration et font craindre l'asphyxie si on ne donne pas des breuvages pour débarrasser le conduit dans sa région rétrécie. Cet effet ne se produit pas cependant chez les ruminants qui ont un œsophage large, très dilatable, non rétréci vers son extrémité gastrique, et chez lesquels les glandes à salive visqueuse et les glandules de la bouche et de l'arrière-bouche sont très développées.

Elle est également utile à la rumination. Plus loin je dirai comment les animaux privés seulement de leur salive parotidienne se remplissent l'estomac d'aliments qui se tassent, se dessèchent et finissent par ne plus pouvoir revenir à la bouche, bien que d'ailleurs, les boissons soient données en abondance.

Les fluides salivaires, outre ce rôle déjà si varié, ont encore celui de ramollir les aliments, de dissoudre leurs matières sucrées, mucilagineuses, la plupart de leurs sels. Ils jouissent enfin de la faculté de transformer en sucre les principes amylacés que ces aliments renferment.

Leuchs, cité par Burdach, est le premier qui ait reconnu à la salive la remarquable propriété d'opérer la conversion de la fécule en une matière sucrée connue sous le nom de *glucose*. Depuis, divers observateurs ont donné d'intéressants détails sur cette transformation. M. Mialhe a observé que l'action signalée par Leuchs se produit non seulement sur la fécule cuite, mais encore sur la fécule crue, pourvu qu'elle ait été préalablement triturée ; il a vu que la fécule passe à l'état de dextrine avant d'arriver à celui de glucose, et que cette transformation s'opère dans la bouche de l'homme en moins d'une minute ; mais la salive n'opère pas cette conversion, même après plusieurs jours, sur la fécule crue qui n'a point été convenablement écrasée. M. Lassaigne (1), qui a fait des expériences à ce sujet, s'est assuré que la salive parotidienne du cheval ne jouit pas de la propriété de convertir l'amidon en sucre. La commission de l'Institut a constaté que la salive mixte de ce solipède la possède à un degré assez prononcé, bien que celle de la parotide en soit réellement dépourvue.

L'action de la salive sur les principes féculents a été attribuée par M. Mialhe à la présence d'une matière animale particulière, analogue à la *diastase* qui se développe dans le grain d'orge sous l'influence de la germination. Aussi a-t-on donné à ce principe le nom de *diastase salivaire*.

Quelle que soit la cause à laquelle on doive rapporter la faculté transformatrice que la salive exerce sur les principes amylacés, cette faculté n'en est pas moins essentielle. Qu'importe que le sérum du sang, le contenu de certains kystes de l'ovaire, les débris de la muqueuse buccale, partagent avec la salive un tel privilége,

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 15 mai 1845.

et conçoit-on que, pour amoindrir le mérite de cette découverte, on ait eu l'idée de chercher jusque dans le produit du rectum un agent qui jouisse de la propriété de transformer la fécule en sucre incristallisable ?

La faculté modificatrice dont nous parlons s'exerce déjà dans la bouche. Si elle se suspend dans l'estomac simple sous l'influence du suc gastrique, elle reprend son empire dans l'intestin. Elle doit même, sans aucun doute, continuer à agir sur les aliments renfermés dans les deux premiers réservoirs gastriques des ruminants, réservoirs où les liquides ont une réaction alcaline. Peut-être a-t-elle alors pour résultat de modifier, en la rendant plus agréable, la saveur des substances que l'animal doit ramener à sa bouche.

En somme, le rôle de la salive considéré, même indépendamment de ce qui se rapporte aux principes amylacés, est d'une importance incontestable. D'abord, sans l'eau de ce produit, comment les matières sèches parviendraient-elles à se ramollir et à se délayer suffisamment ? Ensuite, qui sait si la mixtion de la salive avec le suc gastrique et les divers fluides intestinaux, n'est pas le point de départ de plusieurs propriétés nouvelles que ces fluides ne possèdent pas isolément ? Le fait de l'amaigrissement, du marasme dans lequel tombent les individus à fistules salivaires n'indique-t-il point une perturbation profonde dans les actions nutritives ? Un fluide dont la masse sécrétée représente en un jour plus que le poids total du sang, peut-il être un produit d'une utilité accessoire ?

CHAPITRE XXV.

DE LA DÉGLUTITION.

On donne ce nom au passage des aliments ou des liquides de la bouche dans l'estomac.

C'est un acte très rapide qui s'effectue par l'intervention successive ou simultanée d'un grand nombre de parties, telles que la langue, le voile du palais, le pharynx et l'œsophage. Il a été divisé, à cause de sa complication et pour la facilité de l'étude, en trois temps, sur la séparation desquels les auteurs ne sont pas d'accord.

Dans le premier temps, les aliments passent de la bouche dans le pharynx ; dans le second, de la partie antérieure du pharynx à l'entrée de l'œsophage ; et dans le troisième, ils parcourent toute l'étendue de ce canal et arrivent à l'estomac. Telle est la distinction admise par M. Magendie (1) : acceptons-la, c'est la plus ancienne ; les autres n'ont rien qui leur mérite une préférence marquée sur cette dernière.

Lorsque les matières alimentaires ont été suffisamment broyées et humectées, ou lorsqu'elles sont de nature à être immédiatement déglutiées, sans division préalable, elles sont rassemblées en une petite masse à la face supérieure de la langue. Alors cet organe s'applique, par sa pointe, sur la voûte palatine et se contracte de son extrémité libre vers sa base, de sorte que le bol (c'est ainsi qu'on nomme la petite

(1) *Précis élémentaire de physiologie*, 4e édition, t. IV, p. 63.

masse alimentaire) étant légèrement pressé, se porte en arrière et arrive bientôt au niveau de la face inférieure du voile du palais qui se soulève et ouvre l'orifice par lequel le bol pénètre dans le pharynx. En même temps le larynx se porte en avant et s'abrite en partie à la basede la langue, la glotte se resserre, l'épiglotte s'infléchit sur l'orifice laryngien supérieur, les aryténoïdes se projettent en avant, et l'aliment, poussé par les muscles constricteurs, arrive à l'entrée de l'œsophage : une fois engagé dans ce conduit, il est poussé vers l'estomac par la contraction péristaltique de la membrane musculeuse. Ce trajet, quoique très étendu, est parcouru très rapidement ; mais, pour bien l'étudier, examinons succesivement chacun des trois temps de la déglutition, lesquels pourraient s'appeler : le premier, déglutition buccale ; le second, déglutition pharyngienne ; le troisième, enfin, déglutition œsophagienne.

Dès que l'aliment saisi, en une seule fois ou à plusieurs reprises, est rassemblé en masse sur la langue, par l'action de cette partie et par celle des joues, la langue s'applique par son extrémité libre sur le palais, puis se contracte successivement d'avant en arrière et force ainsi le bol à marcher vers le fond de la bouche ; elle le fait glisser dans cette direction et l'amène bientôt sous le voile du palais qui se soulève, par la contraction du stylo-staphylin et ouvre le passage de la bouche au pharynx ; le bol s'engage dans ce passage, le franchit et arrive dans la cavité pharyngienne, préalablement dilatée pour le recevoir.

Pendant que cette première partie de la déglutition s'est opérée, la mastication ne s'est point suspendue, si l'animal a conservé des matières alimentaires entre les dents ; le transport de la bouche au pharynx s'est effectué précisément à l'instant où les mâchoires se trouvaient rapprochées, et il s'est opéré avec une telle rapidité qu'on n'a pas alors remarqué d'augmentation sensible, du moins chez les herbivores, dans la durée du rapprochement des mâchoires. Du reste, on n'en observe pas davantage dans les temps subséquents. Néanmoins, dans quelques circonstances, la mastication cesse lors de la déglutition, c'est lorsque la masse à déglutir est très volumineuse, comme cela arrive chez les carnivores et chez les animaux qui avalent en une seule fois tout ce qu'ils ont dans la bouche.

Alors que le bol pénètre dans l'arrière-bouche, le larynx se porte en avant, le pharynx se déplace dans le même sens, se dilate pour aller en quelque sorte au-devant du bol et lui ouvrir un large passage. La projection du larynx en avant est le résultat de la contraction des génio-hyoïdiens et des milo-hyoïdiens. Son élévation est surtout l'effet de l'action de ces derniers muscles qui deviennent, avec les précédents, les antagonistes des sterno-hyoïdiens et thyroïdiens. Cette élévation, très étendue et fort variable chez l'homme, l'est beaucoup moins chez les animaux dont le larynx est très rapproché de la base du crâne, et même chez ceux où il en est assez éloigné, comme chez les cerfs, par exemple. Aussi, ce qui caractérise essentiellement le déplacement du larynx, pour le cheval et la plupart des ruminants, c'est un léger mouvement de bascule qui vient porter en avant sous l'épiglotte et la base de la langue l'ouverture supérieure du larynx. Enfin, l'élévation du pharynx et sa projection en avant sont liées à des mouvements correspondants de l'hyoïde et de l'appareil laryngien. La dilatation de cette cavité est opérée principalement par l'action des kérato-pharyngiens qui soulèvent sa partie supérieure.

Le bol a franchi ce qu'on appelle l'*isthme du gosier*, et a pénétré dans le pharynx

qui s'est dilaté pendant la première période de la déglutition. Dans un second temps il se porte de la partie antérieure du pharynx jusqu'à l'entrée de l'œsophage, par l'action des hyo, thyro et crico-pharyngiens. Mais comment alors ne s'engage-t-il, ni dans les ouvertures gutturales des cavités nasales, ni dans l'orifice supérieur de la glotte?

L'aliment, une fois parvenu dans l'arrière-bouche, ne peut pénétrer dans les cavités nasales puisqu'il est poussé en arrière et en bas, et parce que le voile du palais soulevé vient s'appliquer, par son bord libre, sur la paroi supérieure du pharynx, ou du moins, se rapprocher beaucoup de cette dernière, de sorte qu'il rétrécit considérablement, s'il ne ferme entièrement, la communication existant entre les cavités nasales et l'arrière-bouche. La plupart des physiologistes admettent que ce voile produit l'occlusion des ouvertures gutturales en s'appliquant exactement sur elles ; mais il est évident qu'il ne peut en être ainsi, même chez les animaux où il est très long. Tout le monde sait que, chez les solipèdes, son bord postérieur embrasse la base de l'épiglotte et ferme complétement, dans les intervalles de la déglutition, l'ouverture par laquelle la bouche communique avec le pharynx. Or, il suffit que ce bord postérieur de la valvule palatine se relève assez, jusqu'à venir rencontrer en arrière la paroi supérieure du pharynx, pour que l'aliment ne puisse remonter dans les ouvertures gutturales. Il doit en être de même chez les ruminants, bien que le voile du palais de ces derniers n'embrasse peut-être pas aussi complétement la base de l'épiglotte. L'éléphant offre, d'après Cuvier et M. Duvernoy, la même disposition que le cheval. Le chameau aurait aussi (1) cette valvule tellement longue, qu'elle sortirait en partie hors de la bouche, à l'époque du rut et sous l'influence des efforts respiratoires. Cependant, nous n'avons pas vu (2) chez le dromadaire que le voile du palais fût plus long proportionnellement que chez le bœuf ; seulement, il y présente inférieurement un appendice flottant, flasque, parsemé de petites glandules qui lui donnent une certaine ressemblance avec une bourse de perles. C'est cet appendice, cette sorte de luette, qui paraît pouvoir seule sortir de la bouche, surtout si elle se gonfle à certaines époques, car, dans les circonstances ordinaires, on l'amène facilement au moyen d'une légère traction, jusqu'à la commissure des lèvres : le voile proprement dit n'a rien dans sa disposition qui lui donne l'aptitude à se déplacer et à se renverser sur lui-même. Quelle que soit, du reste, sa disposition, le voile du palais se soulève, d'une part, par l'action de ses muscles élévateurs qui, en même temps, le raccourcissent, et, d'autre part, par la pression que le bol exerce à sa face inférieure. Mais lors du vomissement et de la rumination, il ne s'élève que par suite de la contraction de ses muscles : aussi ces derniers sont-ils très développés chez les animaux qui ruminent, qui vomissent ou qui respirent souvent en partie par la bouche.

Le bol ne tombe pas dans le larynx, parce que la glotte s'est resserrée et que le larynx, en s'avançant sous la base de la langue, a déterminé un renversement plus ou moins complet de l'épiglotte.

D'abord l'épiglotte, habituellement inclinée en avant de la surface supérieure du

(1) Cuvier, *Anatomie comparée*, t. IV, 1re partie.
(2) M. Goubaux et moi.

voile du palais, se relève mécaniquement et se renverse, d'une manière tout à fait passive, sur l'ouverture de la glotte, car elle n'a pas de muscles qui puissent lui faire opérer ce mouvement. La plupart des auteurs admettent, depuis Galien (1), que ce cartilage est renversé par le bol. Perrault dit cependant que c'est par le mouvement de la base de la langue Il me semble que ce renversement est dû à trois causes, savoir : 1° l'élévation du voile du palais, dont le bord libre ne peut se soulever sans redresser le cartilage ; 2° la résistance opposée par la base de la langue et la fourche hyoïdienne lors de la projection du larynx en avant ; 3° enfin, le mouvement même du larynx qui se porte en quelque sorte sous l'épiglotte en inclinant son ouverture en avant. Toutefois, il ne faut pas s'exagérer l'importance du rôle de ce cartilage dont M. Magendie a pu opérer la résection sans que la déglutition en fût ultérieurement très gênée. M. Longet a seulement constaté qu'alors les liquides pénétraient en partie dans les voies aériennes.

L'occlusion de la glotte est, suivant MM. Magendie et Longet, le principal obstacle à l'introduction des aliments dans le larynx. Elle résulterait, d'après ce dernier physiologiste, plutôt de l'action des muscles constricteurs postérieurs du pharynx que de ceux du larynx, puisqu'elle continue à s'effectuer après la section des récurrents et des laryngés supérieurs. Mais cette occlusion qui a lieu au niveau des cordes vocales ne saurait, comme le fait très bien observer M. Bérard, empêcher l'aliment de s'engager dans la partie du larynx supérieure aux cordes vocales. Il faut donc l'intervention d'autres causes pour prévenir la pénétration des parcelles alimentaires à l'entrée du larynx. Or, celles-ci résident dans la position que cet organe prend en masse, à la base de l'hyoïde et de la langue, ainsi que dans le rapprochement des aryténoïdes.

Il est facile, en faisant une petite ouverture au ligament qui ferme l'échancrure thyroïdienne chez les solipèdes, ou au cartilage thyroïde, ou même au premier cerceau de la trachée chez le bœuf, de reconnaître par le tact les changements qui s'opèrent dans le larynx lors de la déglutition ; car alors l'animal, s'il a faim et s'il est altéré, continue à boire et à manger, même dans les moments pendant lesquels le doigt de l'expérimentateur est engagé entre les cordes vocales. A l'aide de ce moyen fort simple, on sent, à l'instant de la déglutition, 1° le larynx se porter en masse vers la base de la langue, entraîné par une action musculaire aussi brusque qu'énergique ; 2° les cordes vocales se rapprocher et se mettre en contact l'une avec l'autre ; 3° les aryténoïdes s'appliquer exactement l'un contre l'autre et se porter en avant près de la base de l'épiglotte. Lorsqu'on porte au fond de la bouche une racine ou un tubercule de pomme de terre, la projection du larynx en avant, le rapprochement des cordes vocales et des aryténoïdes s'effectue, avant même que le corps étranger ait pénétré dans l'arrière-bouche. On produit aussi tous ces effets en irritant légèrement avec le doigt la muqueuse laryngienne ; mais il est rare qu'on provoque en même temps la toux, qui devient d'habitude si vive dès qu'une parcelle alimentaire s'est engagée dans le larynx. Enfin, si on fait chez le bœuf, une ouverture à l'œsophage, près de son extrémité supérieure, on sent très bien, à l'in-

(1) Pline, avant Galien, avait dit que l'épiglotte se renversait « sur l'orifice supérieur de » l'âpre artère. » (*Histoire naturelle*, liv. XI, p. 495.)

stant de la déglutition, et à chaque mouvement semblable à celui qui accompagne le deuxième temps de cet acte, l'épiglotte se renverser sur l'orifice supérieur du larynx. De plus, on constate que l'orifice supérieur de l'œsophage se rapproche très sensiblement et par un mouvement brusque de l'isthme du gosier, dernier effet qui diminue de beaucoup la distance qui sépare la bouche du conduit œsophagien.

Le bol alimentaire passe plus ou moins facilement de la bouche dans le pharynx, et de celui-ci à l'entrée de l'œsophage, suivant l'état dans lequel il se présente et les conditions anatomiques des parties. Chez les solipèdes dont l'isthme du gosier est fort étroit, il passe difficilement, pour peu qu'il soit volumineux ; chez les ruminants, au contraire, où cet isthme est large, il passe aisément : jamais on ne voit les racines et les tubercules souvent énormes que ces animaux avalent parfois, s'arrêter ailleurs que dans les régions cervicale ou thoracique de l'œsophage. Mais souvent les morceaux de chair s'arrêtent dans le pharynx des porcs qui vivent de débris cadavériques, et j'ai observé plusieurs fois le même accident sur un hérisson à demi apprivoisé dans nos salles d'anatomie.

Le passage des matières alimentaires de la bouche à l'entrée de l'œsophage, est facilité, du reste, par la présence de mucosités abondantes versées par les follicules muqueux de la base de la langue, les amygdales, la couche glanduleuse du voile du palais et les glandules de la membrane interne du pharynx. Quelquefois, la quantité de ces matières devient énorme, comme chez le dromadaire, où l'appendice du voile du palais et la poche pharyngienne sont très glanduleuses, et chez le porc où l'arrière-bouche offre un diverticulum analogue à celui du chameau.

Les mouvements par lesquels s'opèrent les deux premiers temps de la déglutition sont très rapides et en quelque sorte spasmodiques ; cela devait être afin que la respiration ne fût pas longtemps suspendue. Ces mouvements, en partie soumis à l'influence de la volonté, s'exécutent presque d'une manière instinctive et automatique comme une infinité d'autres. Dès que l'aliment est parvenu dans le larynx, il est soustrait complétement à cette influence et continue de poursuivre sa route vers l'estomac.

Au troisième temps de la déglutition, l'aliment s'engage dans l'œsophage, parcourt toute l'étendue de ce canal et arrive dans l'estomac. Le bol, formé de parcelles plus ou moins divisées, mais réunies et enveloppées par des mucosités, marche avec une lenteur très remarquable ; il descend, poussé par la contraction successive des fibres circulaires du conduit, accompagnée d'une tension très forte dans le sens de la longueur, tension qui devient fort sensible à la vue et au toucher chez le cheval et le bœuf. Dès qu'il a pénétré dans la partie supérieure de l'œsophage, les fibres qui sont au-dessus et autour de lui, se resserrent et le poussent à un point plus inférieur dont les fibres se contractent à leur tour, et ainsi de suite. On voit très bien à travers la peau ce bol descendre, surtout chez le cheval et les animaux qui ruminent ; on le voit aussi quelquefois s'arrêter vers le milieu de l'encolure, notamment lorsque l'animal se presse pour manger, ou lorsqu'après la section des canaux parotidiens, les aliments ne sont pas suffisamment imprégnés. Dans ces deux cas, le bol demeure souvent arrêté un quart de seconde ou une demi-seconde, et il ne reprend sa marche qu'à l'instant de l'arrivée d'un autre bol. Enfin, lorsque l'œsophage est paralysé par suite de la ligature ou de la section des nerfs vagues,

le conduit s'engone, sur une partie ou dans la totalité de sa longueur, l'animal est menacé d'asphyxie, et les liquides qu'il boit ne pouvant descendre dans l'estomac, reviennent par les cavités nasales. Du reste, les bols trop volumineux s'arrêtent souvent, soit dans la région cervicale, soit dans la région thoracique de ce conduit : alors, la salive déglutie pendant l'abstinence, ne pouvant suivre son cours normal, une partie de ce fluide tombe dans la trachée et une autre s'échappe en longues traînées filantes par la bouche et les narines.

La rapidité de la descente des matières alimentaires dans l'œsophage varie, du reste, beaucoup suivant leur état et le degré d'expansibilité ou de dilatabilité du conduit. Les liquides y passent avec une grande vitesse ; les bols de fourrage y progressent lentement, chez le cheval et même chez les ruminants ; ces bols sont petits chez les solipèdes qui ont ce canal très étroit et peu dilatable, et bien plus volumineux chez les ruminants et les carnassiers où il est très large. L'épaisseur de la membrane charnue et la structure de la muqueuse influent aussi sur la rapidité de la progression des aliments. La première tunique, formée, non par des fibres longitudinales et des fibres circulaires, mais bien par des fibres disposées en spires plus ou moins allongées, est rouge dans toute sa longueur, et d'une épaisseur uniforme chez le porc, les carnassiers et les ruminants, tandis qu'elle devient chez les solipèdes, à partir du cœur, blanchâtre, résistante et très épaisse. Cependant, elle ne change pas de nature dans cette dernière partie, bien que M. Magendie (1) prétende qu'elle ne soit point là, contractile à la manière des muscles, et que l'irritation des nerfs de la huitième paire et le galvanisme la laissent immobile. La membrane muqueuse, blanchâtre, peu vasculaire, recouverte d'un épithélium épais est lâchement unie à la précédente, en dedans de laquelle elle peut glisser ; elle offre à sa face adhérente, chez certains animaux, le porc et le dromadaire, par exemple, des glandules mucipares assez nombreuses : celles-ci sont énormes et très serrées chez ce dernier où la muqueuse ne joue plus sur la tunique charnue, comme dans les autres animaux; elles versent sur les matières alimentaires des mucosités qui facilitent la déglutition œsophagienne.

L'œsophage, doué d'une sensibilité obscure, est faiblement impressionné par le contact de l'aliment qui le parcourt. Cependant il devient le siége d'une douleur assez vive quand un bol trop volumineux, un corps irrégulier, passent dans son intérieur. Néanmoins, dans les expériences, on peut inciser ses tuniques et appliquer des acides à leur surface sans que l'animal paraisse en souffrir ; la traction qu'on exerce sur lui est seule douloureuse, sans doute par l'effet qu'elle détermine sur les nerfs accolés au canal : sa contractilité, de même que sa sensibilité, paraît dépendre des filets que lui donnent les nerfs pneumo-gastriques, car la section de ceux-ci paralyse le canal et le rend à peu près incapable de pousser les matières alimentaires jusque dans l'estomac.

La déglutition des liquides se fait, à peu de chose près, comme celle des solides. Lorsqu'elle s'opère, le voile du palais est moins soulevé qu'à l'instant du passage des aliments ; l'épiglotte est renversée sur la glotte, le larynx en masse est projeté en avant, les aryténoïdes sont attirés, par la contraction des thyro-aryténoïdiens,

(1) *Ouv. cité*, 4e édit., t. II, p. 18.

vers la base de l'épiglotte ; ils s'appliquent l'un contre l'autre et les cordes vocales se touchent ; enfin l'orifice supérieur de l'œsophage se rapproche de l'isthme du gosier pour raccourcir le trajet pharyngien des liquides. Ceux-ci, d'après M. Longet, suivraient les deux petites rigoles qui se trouvent sur les côtés de l'orifice supérieur du larynx. Il me semble qu'ils doivent plutôt passer en masse par-dessus l'orifice laryngien incliné en avant et bien fermé, car ils n'y passent point d'une manière continue, mais bien par ondées se succédant très rapidement et dans les intervalles desquelles la glotte s'ouvre pour donner passage à l'air inspiré ou expiré.

Pour peu qu'on étudie avec attention le jeu du larynx dans cette circonstance, on voit que cet organe éprouve à chaque ondée un déplacement total et une série de changements partiels, semblables à ceux qui s'opèrent lors de la déglutition d'un bol, puis il revient à son état normal, et ainsi de suite. Ces changements se font avec une extrême rapidité ; car le cheval, lorsqu'il boit, aspire de 65 à 90 ondées par minute, suivant qu'il est plus ou moins pressé par la soif, et, à chacune, il déglutit de 150 à 250 grammes de liquide.

La rapidité de la déglutition et ses divers caractères varient beaucoup suivant les animaux, la nature et l'état des substances dont ils se nourrissent. Le cheval qui mange du foin déglutit jusqu'à 30 bols en un quart d'heure, lorsqu'il est pressé par la faim, et de 10 à 12 seulement quand il mange sans appétit. Ils se succèdent à des intervalles irréguliers de 20 à 30 secondes au commencement du repas, puis à des intervalles de 40 à 45 secondes ; enfin ils arrivent à ne passer que toutes les 70, 80, 90 secondes, et même toutes les deux minutes. Leur poids est, en moyenne, de 50 à 100 grammes. Lors de la déglutition des liquides, le cheval agite les oreilles et les porte en avant à chaque ondée qu'il avale ; en même temps, il rapproche à chaque fois la mâchoire inférieure de la supérieure ; les masséters se tendent et se rident sous la peau de la joue ; l'œil lui-même exécute une série de légers mouvements dans l'orbite. Plusieurs ruminants, le cerf entre autres, n'agitent presque pas leurs oreilles en buvant ou les agitent inégalement. Le lion, en lappant, rapproche les mâchoires à chaque coup de langue et fait ainsi une ondée à chaque fois que cet organe projette dans la bouche une petite quantité de liquide.

La déglutition est lente, en général, chez les oiseaux qui ont un œsophage à parois minces, bien que très dilatables ; elle s'accompagne de secousses vives de la tête et même de tout le corps chez les rapaces ; elle est d'une extrême lenteur chez les reptiles qui font parvenir dans leur estomac, sans la diviser, une proie souvent plus grande que l'ouverture de leur gueule.

CHAPITRE XXVI.

DE LA RUMINATION.

Chez la plupart des animaux les aliments arrivent dans l'estomac assez divisés pour qu'ils puissent être immédiatement digérés ; chez quelques uns ils n'y parviennent qu'imparfaitement triturés et dans des conditions telles qu'ils ne peuvent

être chymifiés ; alors il faut que leur division s'effectue dans l'estomac même, ou qu'ils reviennent à la bouche éprouver une seconde fois l'action de l'appareil masticateur. Dans le premier cas, l'estomac est extrêmement fort et organisé pour broyer, comme cela se voit chez les oiseaux granivores et certains crustacés ; dans le second, il se passe un phénomène fort remarquable, connu sous le nom de rumination.

Par cet acte particulier à certains herbivores polygastriques, les matières alimentaires parvenues à l'estomac, sans avoir été suffisamment broyées, sont ramenées à la bouche où elles subissent une nouvelle mastication, après laquelle elles sont dégluties de nouveau et digérées. Il diffère essentiellement, par son but et son mécanisme, du vomissement, auquel on a voulu le comparer. Le vomissement est un acte ordinairement involontaire, presque morbide, qui se produit dans l'indigestion, s'effectue irrégulièrement, convulsivement et pour débarrasser l'estomac des aliments qui ne peuvent être chymifiés ; la rumination, au contraire, est un acte en partie volontaire, tout à fait normal et physiologique, qui s'opère régulièrement, sans convulsion, et qui ramène à la bouche, lors de la digestion, des matières destinées à revenir ensuite à l'estomac. L'analogie que l'on a cru trouver entre ces deux phénomènes est fort vague ; aussi, les auteurs qui l'ont défendue, ont-ils été réfutés depuis longtemps par la plupart des physiologistes.

La rumination a quelquefois été désignée sous les noms de déglutition renversée, de déglutition antipéristaltique, de réjection ; mais ces expressions, ne spécifiant qu'un des actes dont elle se compose, ne sauraient remplacer la qualification qu'on lui donne généralement.

I. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA RUMINATION.

L'acte si remarquable de la rumination a fixé à toutes les époques l'attention des observateurs. Moïse (1) en fit un caractère pour distinguer les animaux dont les Hébreux pouvaient se nourrir. Aristote (2) indiqua les quatre réservoirs de l'estomac des ruminants et exposa quelques détails sur le phénomène dont nous parlons. Galien reproduisit les quelques notions vagues données par le père de l'histoire naturelle. Parmi les modernes, Aldrovande rappela les idées des anciens ; Fabrice d'Acquapendente, qui écrivit un livre sur les variétés de l'estomac, rapporta plusieurs exemples de mérycisme dans l'espèce humaine ; Faber, médecin italien, fit connaître un des usages de la gouttière œsophagienne, à laquelle il donna le nom de voie lactée ; Perrault décrivit sommairement, mais avec exactitude, l'estomac des ruminants, et émit l'idée que la gouttière œsophagienne était destinée à saisir les aliments qui devaient être renvoyés à la bouche ; Peyer, Duverney, Haller, Buffon, Camper, Daubenton, Bourgelat, Chabert, Brugnone, Girard, Toggia traitèrent, d'une manière plus ou moins abstraite, des conditions, des causes et du mécanisme de la rumination. Enfin, de nos jours, M. Flourens, abandonnant la voie dans laquelle avaient erré tant d'auteurs célèbres, est venu apporter sur la question,

(1) *Lévitique*, ch. XI, v. 3 et 4.
(1) *Histoire des animaux*, liv. II, p. 96 ; liv. IX, p. 645, etc.

jusque-là très obscure, les lumières de la physiologie expérimentale : son œuvre porte un cachet qui la distingue éminemment de celle de ses devanciers.

En jetant un coup d'œil sur les écrits des auteurs que je viens de rappeler, on voit que les anciens trouvaient des ruminants dans presque toutes les classes du règne animal. Ainsi, parmi les insectes, on considérait comme tels la courtilière et les sauterelles, depuis que Malpighi eut démontré que la première avait plusieurs estomacs, et que Swammerdam eut fait la même observation à l'égard des secondes. Parmi les crustacés et les mollusques, les crabes, les écrevisses, dont l'estomac est garni de pièces solides disposées pour broyer ; les limaçons, qui ont plusieurs réservoirs gastriques, étaient rangés dans la même catégorie ; enfin, parmi les vertébrés, divers poissons, le scarus, d'après Pline, le saumon, la dorade, d'après Gessner et Rondelet, plusieurs oiseaux, le héron et le pélican ; un grand nombre de mammifères, tels que ceux rangés actuellement dans l'ordre si naturel des ruminants, et d'autres, comme le lièvre, le lapin, la marmotte, le cochon d'Inde, étaient considérés comme jouissant de la faculté de ruminer.

Il ne faudrait pas croire cependant que tous les naturalistes anciens regardaient comme des ruminants les insectes, les crustacés, les poissons et les autres animaux que je viens de citer. Déjà Aldrovande repousse l'autorité des Écritures et doute fort de la rumination du lièvre et du lapin, à laquelle, deux siècles plus tard, Camper croit encore. Peyer, en dressant le catalogue des animaux qui ruminent, se montre assez incrédule à l'endroit des insectes et de beaucoup d'espèces alors considérées comme des ruminants. En terminant sa longue énumération, il fait deux séries, l'une comprenant ce qu'il appelle les vrais ruminants, et l'autre les faux ruminants, dans laquelle se trouvent précisément les animaux qui, en réalité, ne jouissent pas de la faculté de faire subir à leurs aliments une seconde mastication. Les premiers sont les chameaux, les lamas, les chevrotains, le cerf, le daim, l'élan, le chevreuil, la girafe, les antilopes, le chamois, la chèvre, le mouton, le buffle et les diverses espèces de bœufs.

Quant aux hommes, qui ont été considérés comme des ruminants, tout porte à croire qu'ils jouissaient réellement du privilége qui distingue les mammifères précédemment indiqués. Des observations récentes, rapportées par des auteurs qui font autorité dans la science, mettent hors de doute la possibilité du mérycisme dans l'espèce humaine. Fabrice d'Acquapendente, dans son livre des variétés de l'estomac, cite plusieurs exemples de ce genre que Peyer (1) rapporte avec quelques autres.

Le premier est celui d'un noble de Padoue qui mangeait très vite et presque sans mâcher ses aliments. Une heure, un peu plus ou un peu moins après le repas, il se mettait à ruminer. Cet acte était chez lui non seulement involontaire, mais encore forcé : il l'exécutait en partie par l'attrait du plaisir que lui faisaient éprouver les aliments revenus à la bouche. Le deuxième exemple est celui d'un moine bénédictin qui ruminait de la même manière et dans les mêmes circonstances : pourtant il mourut dans l'émaciation, et l'autopsie ne fit rien découvrir d'anormal dans la disposition des organes digestifs. Un troisième exemple est relatif à un enfant

(1) Joh. Conradi Peyeri *Merycologia, sive de ruminantibus et ruminatione commentarius*. Basileæ, 1685.

qui, après avoir perdu sa mère, vécut de lait de vache pendant deux années. Dès son jeune âge, il prit l'habitude de ruminer et la conserva toute sa vie : cette habitude fut considérée comme le résultat de l'imitation. Un quatrième fait a trait à un jeune homme extrêmement vorace qui avalait ses aliments sans les mâcher ; il commençait à ruminer un quart d'heure ou une demi-heure après le repas, et exécutait cette opération, dit Peyer, absolument comme les animaux. Un cinquième fait est rapporté par Linceus. L'Allemand qui en fait le sujet, après avoir mangé gaiement, se retirait bientôt dans un coin pour ruminer ; cet homme, qui avait toujours éprouvé dans sa jeunesse des rapports acides, avait fini, à un certain âge, par ne plus pouvoir empêcher les aliments de revenir à la bouche ; dès lors il commença à ruminer, et le fit avec un tel plaisir que les aliments qu'il broyait pour la seconde fois avaient pour lui une saveur asssi agréable que celle du miel. Enfin, une jeune fille offrit une autre variété de mérycisme ; mais cet acte, au lieu de lui causer du plaisir, ne lui inspirait que du dégoût et de l'aversion. Les aliments qu'elle avait pris la veille remontaient à la bouche malgré elle, et encore peu digérés ; chez cette fille, la réjection ne se reproduisait pas tous les jours.

Les faits qui précèdent, privés de leurs accessoires plus ou moins merveilleux dont il est facile de faire justice, prouvent, de même que ceux (1) observés plus récemment et avec beaucoup de soin, que la rumination humaine commence presque toujours par des régurgitations fréquentes, coïncidant avec un travail gastrique irrégulier, et s'effectuant à peu près involontairement à des époques assez rapprochées des repas. Ces régurgitations amènent à la bouche des aliments qui, s'ils ne font point éprouver cette volupté indicible dont parlent les anciens auteurs, n'ont pas, du moins, de saveur désagréable. Cependant, malgré l'habitude, que prennent les hommes sujets à cette infirmité, de broyer une seconde fois les aliments, la nutrition reste languissante, témoin l'émaciation dans laquelle vécut ce vieillard dont l'histoire a été communiquée récemment à l'Académie des sciences (2).

Les conditions organiques qui rendent possible la rumination, telle qu'elle s'effectue chez les ruminants, sont faciles à déterminer.

Toutes les espèces qui ruminent ont un estomac multiple. Aucune de celles qui jouissent de cette faculté n'a un estomac simple. La multiplicité des réservoirs gastriques est donc la condition première et essentielle de la rumination. Cependant, cette multiplicité n'entraîne pas nécessairement la fonction, car beaucoup d'animaux polygastriques ne ruminent point, bien que les compartiments de leur estomac soient quelquefois disposés comme ceux du bœuf et du mouton.

Ainsi, parmi les invertébrés, on a trouvé des espèces polygastriques : les oiseaux ont presque tous trois estomacs (jabot, ventricule succenturié et gésier) ; un grand nombre de mammifères ont ce viscère plus ou moins compliqué, notamment chez les herbivores. En voici quelques exemples.

D'abord, il arrive souvent que l'estomac offre à l'extérieur des bosselures et des étranglements qui semblent le diviser en plusieurs loges. Celui du cheval est ainsi partagé en deux sacs, à peine distincts en dehors, mais revêtus intérieurement d'une

(1) Bérard, *Cours de phys.*, t. II, p. 274.
(2) Par M. Vincent, de l'Académie des inscriptions et belles-lettres. (*Comptes rendus*, t. XXXVII, 4 juillet 1853.)

muqueuse qui a, dans chacun d'eux, une structure et des propriétés spéciales. Celui du porc a tout près du cardia un petit diverticulum, plus grand chez le sanglier, et dont la forme ressemble à celle d'un capuchon. Mais ce ne sont encore là que des divisions ébauchées. Le ventricule de certains pachydermes nous montre déjà plus de complication. Il est chez le damau divisé en deux compartiments, séparés l'un de l'autre par une cloison percée d'une ouverture ; la muqueuse de la partie droite diffère essentiellement de celle que tapisse la partie gauche. Cet organe est plus complexe encore chez l'hippopotame ; il y offre à sa surface des étranglements profonds, et dans sa cavité, diverses formes de membrane muqueuse. Il a trois, quatre, et jusqu'à cinq réservoirs dans les cétacés : un premier, qui, par sa forme, ressemble beaucoup à celui des poissons ; un second à parois épaisses et glanduleuses, et d'autres qui ont une certaine analogie avec le feuillet et la caillette des ruminants.

Mais c'est parmi les édentés qu'on voit un estomac presque semblable à celui des ruminants. Dans l'aï, il possède quatre réservoirs distincts : l'un, très volumineux, bosselé, pourvu de divers appendices et tapissé par une muqueuse recouverte d'un épithélium épais ; le second, globuleux et assez petit, également pourvu d'une muqueuse à épithélium pavimenteux ; le troisième, allongé et cylindrique ; le quatrième, enfin, garni intérieurement, comme la caillette, de lames longitudinales. La communication est établie entre ces réservoirs et par des ouvertures particulières, et par une gouttière à deux lèvres, semblable au demi-canal œsophagien du bœuf (1). Et cependant, les animaux des genres *acheus* et *bradypus*, avec un tel appareil gastrique et un système masticateur imparfait, ne ruminent point. Quelle peut être la cause de cette remarquable exception ?

Il faut arriver aux ruminants pour trouver l'estomac à son maximum de complication. Celui des premiers présente quatre compartiments et une gouttière œsophagienne, mais il n'offre pas cet appareil de replis, de lames, de cellules et de papilles qui rend cet organe si admirable chez les animaux qui nous restent à étudier.

Tous ces derniers ont quatre estomacs (fig. 40), ou, pour parler plus exactement, quatre réservoirs gastriques. L'exception que Perrault (2) avait cru remarquer dans la gazelle d'Afrique qui, selon lui, aurait seulement deux compartiments à ce viscère, n'est pas réelle. Le premier compartiment, la *panse* ou le *rumen*, est le plus vaste des quatre : sa cavité, ordinairement partagée en plusieurs sacs, est tapissée par une muqueuse hérissée de papilles dans la plupart des ruminants, et recouverte d'un épithélium épais ; il est destiné à tenir en dépôt les aliments non ruminés et les liquides. Le second, appelé *réseau* ou *bonnet*, est beaucoup plus petit que le précédent : il offre à sa face interne des cellules de dimensions variables, et tient toujours en réserve une certaine quantité de liquide. Le troisième, ou le *feuillet*, est garni d'un grand nombre de lames entre lesquelles passent les aliments qui ne sont pas suffisamment atténués pour parvenir dans la caillette ; ses lames sont rudimentaires et à peine marquées chez les ruminants sans cornes. Enfin, le quatrième, ou la *caillette*, est l'agent de la chymification, l'analogue de l'estomac simple de la plupart des animaux : sa muqueuse épaisse, veloutée, très richement organisée, est

(1) Voyez les *Leçons d'anatomie comparée*, t. IV, 2e partie, p. 53, 61, 77, etc.
(2) *Œuvres diverses de physique et de mécanique*, 1721, p. 430.

enduite de mucus et pourvue de replis qui en augmentent considérablement la surface. Entre le premier et le quatrième réservoir, se trouve un demi-canal formé de deux lèvres contractiles et appelé la *gouttière œsophagienne*. C'est par l'intermédiaire de ce demi-canal que les liquides et les aliments, très divisés, arrivent, du moins en partie, dans le dernier estomac, sans tomber dans le premier ; c'est aussi par lui que serait formée, selon M. Flourens, la pelote alimentaire envoyée à la bouche lors de la rumination.

Cet estomac ainsi constitué n'est cependant pas, à beaucoup près, semblable dans tous les ruminants. La panse du chameau et du lama est pourvue de plusieurs groupes

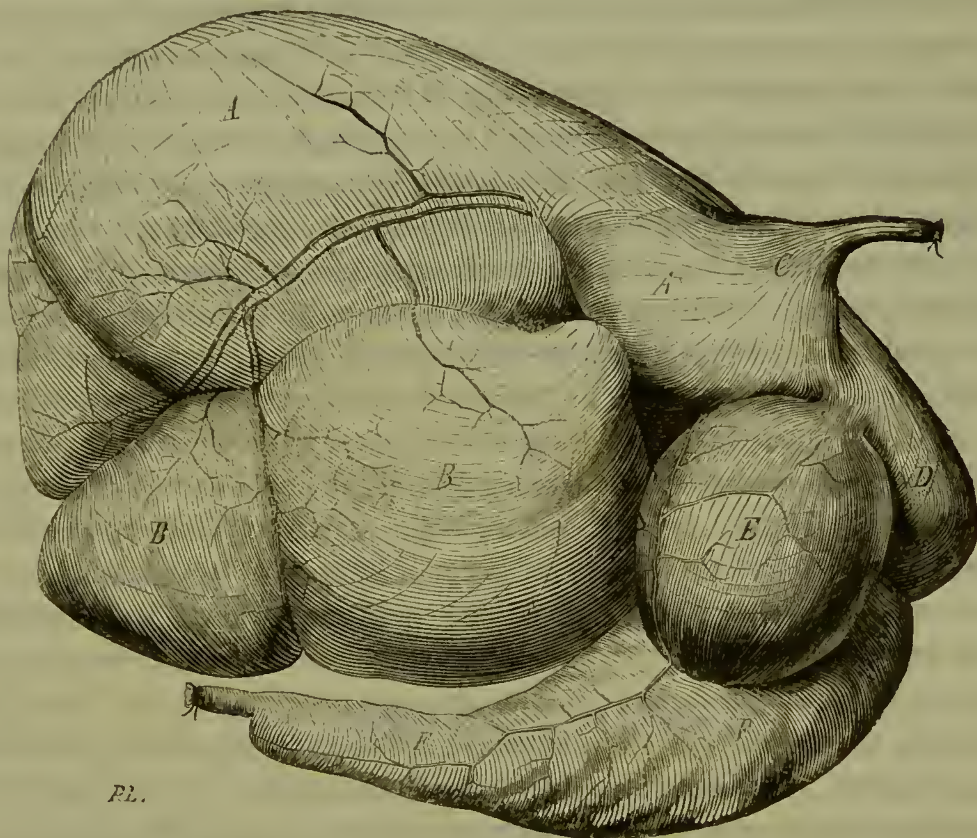


Fig. 40. — *Estomac de bœuf vu par la face droite, la caillette étant abaissée.*

A. Rumen (hémisphère gauche). — *B.* Rumen (hémisphère droit). — *C.* Terminaison de l'œsophage. — *D.* Réseau. — *E.* Feuillet. — *F.* Caillette.

de cellules destinées à tenir en réserve une certaine quantité de liquide. Les trois premiers estomacs de ces ruminants ont une muqueuse sans papilles ; le feuillet n'y possède que des lames à peine marquées, la caillette des replis peu saillants, et la gouttière œsophagienne n'y a plus qu'une seule lèvre.

Cette organisation si singulière de l'estomac est la condition essentielle du phénomène de la rumination, comme nous le verrons bientôt. A la rigueur, celle-ci se concevrait avec un estomac simple, puisque l'homme peut quelquefois effectuer une sorte de rumination ; mais on sent que l'exécution parfaite d'un acte si compliqué n'est point compatible avec la présence d'un estomac uniloculaire. Il faut une poche pour recevoir et conserver les aliments qui viennent d'être déglutis, après une première et insuffisante mastication ; il faut des parties modifiées de manière

à envoyer à la bouche, par portions réglées, les matières qui doivent subir une nouvelle trituration ; enfin, il faut d'autres poches pour recevoir, après la rumination, les aliments, afin qu'ils puissent être immédiatement digérés. De plus, il importe que l'appareil gastrique soit disposé de manière que l'animal puisse digérer en même temps qu'il rumine : aussi, les parties préposées à la rumination sont-elles distinctes de celles qui travaillent paisiblement à la chymification.

Les anciens auteurs qui ont traité de la rumination, adoptant la philosophie de leur époque, se sont beaucoup occupés de rechercher les causes premières de ces phénomènes. Ils se sont demandé quel pouvait avoir été le but de la nature en créant les animaux ruminants, et pourquoi elle leur avait donné la singulière faculté de ruminer. Il serait aujourd'hui presque ridicule de poser de pareilles questions, qui cependant, à un certain point de vue, ne sont pas dépourvues de sens.

Fabrice d'Acquapendente (1) pensait que la rumination était due au plaisir que l'animal éprouve en mâchant une seconde fois les aliments, c'est-à-dire à une sensation agréable. Peyer et Duverney se sont attachés à réfuter cette opinion, en objectant que, si cet acte était dû à une cause de ce genre, les animaux rumineraient mieux et plus longtemps les fourrages tendres, succulents, que le foin, la paille et les aliments grossiers : or, c'est précisément le contraire qui arrive. Quelques uns ont cru qu'elle tenait à une puissance attractive qui faisait passer, tour à tour, les aliments de l'estomac dans la bouche, et de celle-ci à l'estomac. D'autres ont avancé qu'elle avait pour cause la dureté des aliments dont se nourrissent les ruminants et l'imperfection de la première mastication : c'est l'opinion de Duverney, et en partie celle de Peyer. Le premier prétend que les aliments grossiers ébranlent les fibres de la panse et provoquent les contractions qui les renvoient à la bouche. Le second fait observer que cette cause n'est pas la seule, puisque le cheval, l'âne et les autres solipèdes qui n'ont point une nourriture différente de celle des ruminants, ne jouissent pas, cependant, de la faculté qui caractérise ces derniers. De plus, rien n'empêcherait, selon ces auteurs, que les ruminants n'atténuassent les aliments par une première mastication, au point de n'avoir plus besoin de les soumettre une seconde fois à cette opération. Peyer croit que les matières alimentaires accumulées dans le rumen après le repas s'y échauffent, entrent en fermentation et se dilatent considérablement : alors, ne pouvant passer dans les autres compartiments par suite de l'étroitesse de leurs ouvertures de communication, elles s'engagent dans l'œsophage et arrivent sous forme de pelotes à la cavité buccale. De pareilles idées portent en elles-mêmes leur réfutation.

Quelles que puissent être les causes desquelles dérivent la nécessité de la rumination, il est évident que cet acte n'est pas l'effet d'une détermination libre de la part de l'animal, mais bien le résultat d'une impulsion irrésistible, comme le pensaient déjà Peyer, et avant lui, Fabrice d'Acquapendente.

Si, parmi les actes divers dont se compose la rumination, il en est qui dépendent de la volonté, la plupart d'entre eux sont manifestement involontaires. La mastication mérycique n'est point volontaire, bien qu'elle s'exécute habituellement d'une manière automatique : l'animal peut à son gré la ralentir, l'accélérer, la suspendre,

(1) Peyer, *loc. cit.*, lib. III, cap. II, p. 202.

et conserver pendant un certain temps la pelote dans la bouche. La seconde déglutition, de même que la première, est aussi en partie sous la dépendance de la volonté, en ce sens que le ruminant peut avaler quand il le veut les aliments ramenés à sa bouche. Mais la réjection est involontaire, quoiqu'elle ait pour auxiliaires le diaphragme et les muscles abdominaux. La part d'influence qui revient à la volonté et à l'automatisme comporte des détails qui seront ultérieurement donnés sur le mécanisme de la rumination.

Le mérycisme, étant un acte indispensable à la digestion chez les herbivores polygastriques, doit être réglé par une sensation interne particulière à laquelle l'animal est forcé d'obéir, bien qu'il puisse y résister dans de certaines limites. Le ruminant qui a la panse remplie après le repas, n'en a pas moins la caillette vide et la digestion suspendue ; il est exposé à mourir d'inanition s'il ne renvoie à la bouche, pour y être broyés de nouveau, les aliments qu'il vient de prendre, car ceux-ci ne peuvent parvenir à l'estomac chymifiant s'ils n'ont éprouvé une seconde mastication. Or, dans de telles conditions, l'animal est sollicité irrésistiblement à ruminer par suite d'un besoin analogue à la faim, et il y est invité par l'attrait d'un plaisir que la nature attache constamment à la satisfaction d'un besoin. Cette sensation, indéfinissable porte l'animal à rechercher les lieux où il pourra paisiblement broyer une seconde fois ses aliments, elle détermine la mesure suivant laquelle la seconde mastication doit se prolonger ; elle fixe la durée et le retour des périodes de la rumination.

Le besoin de ruminer se lie à l'état des aliments et se montre toujours instinctif, c'est-à-dire indépendant de l'habitude et de l'imitation ; il se fait sentir chez les jeunes animaux élevés dans l'isolement, dès qu'ils reçoivent une nourriture solide et avant qu'ils aient vu ruminer d'autres animaux de leur espèce (1).

II. DU MÉCANISME DE LA RUMINATION.

La rumination est, avons-nous dit, cet acte qui renvoie les aliments à la bouche pour y subir une nouvelle mastication et une seconde insalivation, après lesquelles ils reviennent dans les réservoirs gastriques.

Par quel mécanisme ces aliments, broyés et insalivés une première fois, sont-ils ramenés de l'estomac dans la bouche, régulièrement, sans trouble, sans effort, par masses ou par pelotes d'un poids déterminé, et comment ces mêmes aliments, après une seconde trituration, reviennent-ils à leur point de départ ?

Pour exposer clairement ce qui se passe lors de la rumination, examinons successivement : 1° dans quel compartiment de l'estomac se rendent les aliments et les liquides après leur première déglutition ; 2° suivant quel ordre ces matières s'accumulent dans l'estomac ; 3° les mouvements qui se produisent dans la masse alimentaire pendant la rumination ; 4° le mode de la réjection ; et 5° les particularités qui se rattachent à la deuxième déglutition.

(1) On sait comment Galien avait, par une expérience devenue célèbre, démontré que la rumination est un acte purement instinctif.

§ I. — Des estomacs où se rendent les aliments après la première déglutition.

Les aliments, après avoir éprouvé une première et incomplète mastication, se rendent-ils dans tous les estomacs à la fois, ou plus spécialement dans quelques uns, dans un seul d'entre eux ?

Peyer croit qu'ils arrivent en totalité dans la panse après la première mastication, et qu'ils y demeurent jusqu'au moment où ils sont ruminés ; Duverney, Perrault et Haller partagent cette opinion, généralement admise à leur époque ; Camper pense qu'ils vont à la fois dans le rumen et le réseau ; mais tous ces auteurs tranchent la question par des conjectures : M. Flourens (1) va lui donner une solution expérimentale.

Le savant physiologiste fait manger de la luzerne verte à un premier mouton qu'il tue aussitôt ; ce fourrage se trouve en grande partie dans la panse et en petite quantité dans le réseau : le feuillet et la caillette n'en contiennent point. A un second, il donne de l'avoine, qui se retrouve aussi dans les deux premiers réservoirs, et non dans les deux autres. A un troisième, il fait avaler des morceaux de racines poussées dans le pharynx à l'aide d'un tube de fer : ces morceaux sont encore retrouvés, en totalité, dans le rumen et le réseau ; enfin, à un quatrième, on fait prendre des racines réduites en une bouillie fine : celle-ci s'est rendue, en grande partie, dans le premier estomac ; mais elle est arrivée aussi, en quantité notable, dans le réseau, le feuillet et la caillette.

Ces résultats deviennent sensibles sur l'animal vivant. Si on engage le bras jusqu'auprès du cardia, par une ouverture pratiquée dans la région du flanc, on sent que les bols de fourrage tombent, soit dans le réseau, soit à la partie antérieure de la panse ; ils sont arrondis, ovoïdes, plus gros qu'un œuf de poule, enduits de mucus et se déforment difficilement. Ceux de racines et d'avoine tombent dans les mêmes estomacs ; mais nous verrons bientôt qu'ils passent aisément de l'un dans l'autre.

Ainsi, les aliments grossiers, quelle qu'en soit la nature, vont, partie dans le rumen et partie dans le réseau ; ceux qui sont très divisés, diffluents ou réduits en bouillie, vont à la fois, mais en proportion variable, dans les quatre réservoirs gastriques. Il ne reste plus aucun doute à cet égard.

Les liquides suivent la même marche que les aliments diffluents : ils tombent directement dans les deux premiers estomacs, et se rendent dans les deux derniers en partie par la gouttière œsophagienne, et en partie par l'intermédiaire du réseau.

Faber (2), qui paraît avoir le premier décrit le demi-canal œsophagien, qu'il appelle la voie lactée, dit que le lait, glissant facilement entre les deux lèvres de ce demi-canal, arrive directement dans la caillette, et Duverney, étendant ce rôle à tous les liquides, pense qu'ils sont ainsi amenés dans le feuillet, où les aliments desséchés ont besoin d'être délayés, et non dans les deux premiers réservoirs, où leur présence lui paraît inutile. Perrault est à peu près du même sentiment : il dit

(1) *Mémoires d'anatomie et de physiologie comparées*, Paris, 1844, p. 36.
(2) Peyer, lib. II, cap. III, p. 127.

que l'eau ne tombe pas dans le premier estomac, d'où elle ne pourrait être que très difficilement exprimée dans l'intestin ; il croit qu'elle est amenée par le demi-canal dans le second et le troisième ventricule.

Tous ces auteurs se trompent. Peyer, en rapportant l'assertion de Faber, fait observer que la gouttière œsophagienne doit laisser échapper dans la panse une partie du liquide chassé entre ses lèvres ; et Girard prétend que les liquides, pris à grandes gorgées, arrivent en partie au rumen et au réseau, tandis que ceux pris lentement et à petites gorgées, sont conduits directement dans la caillette ; mais leur manière de voir ne repose sur aucune preuve. M. Flourens démontre que les liquides se rendent à la fois dans les quatre compartiments, en faisant des ouvertures aux quatre estomacs, ouvertures par lesquelles les liquides s'échappent simultanément dès que l'animal boit.

J'ai pu, sur un jeune taureau, m'assurer que l'eau arrivait directement en grande quantité dans le rumen. Lorsqu'on donnait à boire à cet animal, dont le premier estomac portait une large fistule au flanc gauche, on voyait les aliments s'élever légèrement vers la partie supérieure de l'hémisphère gauche ; bientôt un courant de liquide s'établissait entre la paroi de l'organe et la masse alimentaire ; ce courant, de plus en plus marqué, s'élevait insensiblement, et il finissait par dépasser le niveau des aliments qui se trouvaient alors inondés. Un instant après, par suite des mouvements imprimés à la masse contenue dans la panse, le liquide se mêlait aux aliments et cessait de les surnager. Pour reconnaître comment les liquides abordent dans le viscère, j'engageai la main jusqu'à l'orifice cardiaque. Quand l'animal buvait dans un seau, les ondées, régulièrement espacées, étaient lancées avec force dans la panse et le réseau, car l'insertion de l'œsophage est à la jonction de ces réservoirs. Le réseau, ne tardant pas à se remplir, l'eau dépassait le niveau du repli qui sépare le premier du second estomac et se répandait ainsi abondamment dans la panse. Enfin, le doigt en contact avec les lèvres de la gouttière légèrement rapprochées faisait sentir la petite quantité de liquide qui coulait directement dans le feuillet, et de là dans la caillette. De plus, les contractions énergiques du réseau, renouvelées à des intervalles variables, poussaient, d'une part, dans le rumen, et, d'autre part, dans le feuillet, une certaine proportion de son contenu. Les ondées sont si fortes, quand l'animal boit librement, que quinze à seize suffisent pour envoyer dix litres d'eau à l'estomac ; elles sont petites si le liquide est versé lentement dans la bouche : alors un litre d'eau en fait quelquefois six à huit, qui tombent en grande partie dans le réseau.

Il est donc certain, comme le démontrent les expériences de M. Flourens et les miennes, que les boissons arrivent en partie dans les deux premiers estomacs, et « qu'elles passent immédiatement dans les uns aussi bien que dans les autres. » La plus forte proportion tombe dans la panse et le réseau, d'où elle s'échappe partiellement dans le feuillet et la caillette. La gouttière œsophagienne n'en conduit qu'une très petite quantité à ces derniers réservoirs.

Les expériences qui consistent à rechercher, immédiatement après la mort, dans quels estomacs se sont rendus les liquides que l'animal vient de boire, ne sont nullement concluantes. Il suffit de quelques minutes pour que les liquides passent, après la déglutition, d'un réservoir dans l'autre ; de plus, les mouvements auxquels se

livre l'animal qu'on tue, la position qu'il prend, et les manipulations nécessaires pour mettre à découvert l'estomac, achèvent de changer complétement ce qui existait immédiatement après la déglutition.

§ II. — De l'ordre suivant lequel les aliments et les liquides s'accumulent dans l'estomac.

Chez le cheval et les herbivores monogastriques, les aliments, à mesure qu'ils arrivent à l'estomac, sont successivement poussés du sac gauche vers le sac droit, ou du cardia vers le pylore, de sorte que, s'ils sont de même nature, les premiers arrivés sont aussi les premiers poussés dans l'intestin ; leur arrangement affecte une certaine régularité qui ne s'observe pas chez les ruminants.

Au moment où le ruminant prend son repas, sa panse n'est pas vide ; elle n'a pu se débarrasser de tout son contenu, quelle qu'ait été la durée de l'abstinence. La masse alimentaire qu'elle renferme présente, au-dessus d'elle, un espace plus ou moins considérable rempli de gaz et de vapeurs qui s'échappent lorsqu'on fait une ponction aux parois de cet organe. Le rumen, qui occupe la plus grande partie de l'abdomen, n'est pas susceptible de revenir tout à fait sur lui-même ; il ne s'affaisserait pas, lors même qu'il serait complétement vide, car si on retire, sur l'animal vivant, par une ouverture au flanc gauche, tout le contenu du rumen, on voit que ce réservoir ne revient que très peu sur lui-même, et que ses parois acquièrent une extrême flaccidité.

Si donc on se représente le rumen, alors qu'il ne contient plus guère d'aliments, on le trouve divisé en deux étages, l'un inférieur, rempli par les matières alimentaires et une certaine quantité de liquide, l'autre supérieur, occupé par des aliments, des gaz et des vapeurs. Ces deux étages sont séparés par les saillies que forment intérieurement les parois du rumen, saillies qui constituent aux deux extrémités de l'organe, surtout à l'antérieure, un véritable plancher très étendu. Or, dès qu'une nouvelle quantité de matières alimentaires arrive, elle élève insensiblement le niveau primitif, l'estomac se dilate, et l'étage supérieur se remplit au point que les aliments touchent à la paroi supérieure du réservoir. Ces changements, très faciles à concevoir, se voient parfaitement chez les grands ruminants qui portent une large fistule au rumen, surtout lorsqu'on a obtenu la cicatrisation des lèvres de cette fistule avec celle de la plaie des parois abdominales ; les aliments récemment arrivés se rassemblent à l'extrémité antérieure du sac gauche, d'où ils passent ensuite dans les autres parties du premier estomac par l'effet de ses propres contractions.

La quantité d'aliments qui peut ainsi s'accumuler est fort considérable. Peyer disait qu'elle s'élevait, chez le bœuf, jusqu'à 50 livres. Je me suis assuré qu'il s'en trouve, en moyenne, une centaine de livres, même chez des animaux de cette espèce morts à la suite de longues maladies. J'en ai vu, seulement dans le rumen, 150 livres sur un taureau qui n'avait pas mangé depuis vingt-quatre heures, et plus de 200 sur une vache qui se trouvait dans les mêmes conditions. Cette masse énorme ne représente, en définitive, que très peu de fourrages secs, puisque ceux-ci absorbent, soit avant d'être déglutis, soit après un certain séjour dans l'estomac, trois à quatre fois leur poids d'eau, de telle sorte que 100 livres de matières prises

dans la panse n'équivalent que de 20 à 25 livres de foin sec ou à peine la ration journalière d'un animal adulte de l'espèce bovine.

Quant au réseau, il ne conserve que très peu d'aliments solides; mais il tient toujours en dépôt, même chez les animaux qui n'ont pas bu depuis longtemps, une certaine quantité d'eau : seulement, sur le cadavre, il est fort souvent privé de liquides.

Les liquides s'accumulent aussi dans la panse. Lorsque l'animal vient de boire, ils s'y trouvent en grande quantité, gonflent la masse alimentaire, la détrempent et viennent bientôt inonder sa surface; mais ils ne tardent pas à être exprimés et poussés en partie dans les autres réservoirs. Ceux qui restent dans le premier se déposent tout à fait en bas, dans ce que j'ai appelé l'étage inférieur du rumen.

Chez quelques ruminants, les chameaux et les lamas, il y a dans la panse deux groupes de cellules décrites par Perrault, et dans lesquelles l'eau se tient en réserve. Ces cellules étant plus étroites à leur entrée qu'à leur fond, permettent aux aliments de se maintenir au-dessus, et aux boissons d'y pénétrer avec facilité. L'épithélium qui tapisse ces cellules s'oppose à l'absorption des liquides qu'elles contiennent, afin que ceux-ci puissent détremper les aliments qui sont renvoyés à la bouche lors de la rumination.

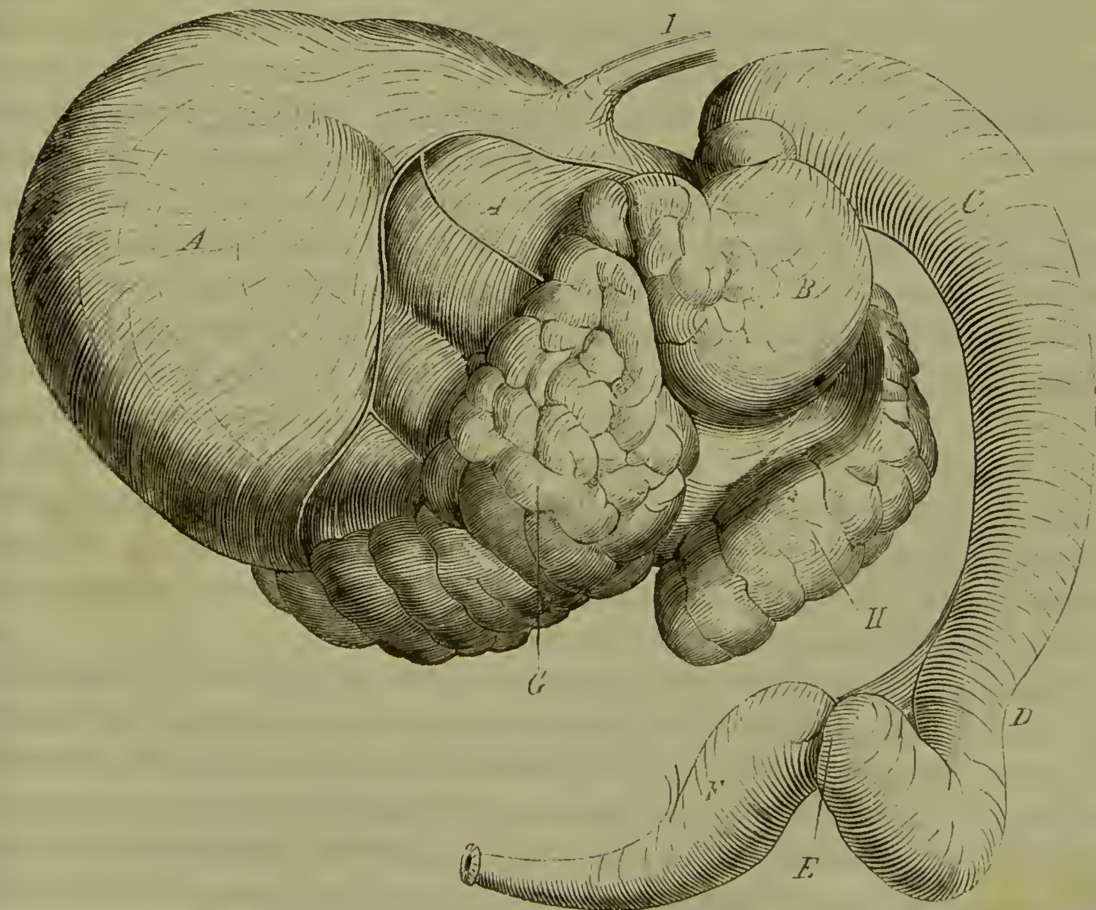


Fig. 41. — *Estomac du dromadaire vu à droite.*

A. Le rumen. — *B.* Le réseau. — *C.* Le feuillet se continuant sans démarcation extérieure avec la caillette *D.* — *I.* L'œsophage. — *G.* Le premier groupe de cellules. — *II.* Le second groupe de cellules aquifères. — *E.* Le pylore. — *F.* Le duodénum.

§ III. — Des mouvements qu'éprouve la masse alimentaire pendant la rumination.

Il ne faudrait pas croire que les aliments accumulés dans la panse y demeurent dans l'ordre suivant lequel ils y ont été déposés. Ces aliments, avant d'être ruminés, sont agités d'un mouvement presque continuel dont les anciens avaient déjà une idée vague. Peyer dit qu'après le repas, l'estomac, par un mouvement qui lui est propre, sépare les substances grossières de celles qui sont plus atténuées, et Bourgelat s'attache même à décrire le sens des pérégrinations qu'il suppose opérées par les matières alimentaires; mais ces auteurs, comme beaucoup d'autres, n'apportent à l'appui de leurs assertions aucune preuve démonstrative. M. Flourens, dans ses belles expériences, a reconnu que ce mouvement des aliments est réel; il a vu que des matières mises dans les parties postérieures de la panse, reviennent dans les parties antérieures, passent directement du rumen dans le réseau, et réciproquement, lorsque l'animal ne rumine pas, et cela, par la seule contraction des parois de l'estomac, contraction que l'on peut très bien sentir avec le doigt.

Pour étudier ce mouvement avec soin, je fis à la panse d'un jeune taureau une incision longue comme la main, et je réunis chaque lèvre de la plaie de cet estomac avec celle des parois abdominales. Quand l'adhérence fut établie à la circonférence de l'estomac et l'animal guéri, voici ce qu'on voyait, dès que la lumière pénétrait suffisamment dans le réservoir. Le niveau des aliments variait d'un instant à l'autre, il s'élevait et s'abaissait alternativement. A de certains moments, ce niveau était presque uni, à d'autres il était très accidenté; tantôt une partie de la masse se soulevait, se détachait du reste pour se porter en arrière; tantôt, au contraire, une portion de cette masse se portait en sens inverse et disparaissait. Ce mouvement oscillatoire, fréquemment renouvelé, s'accélérait lors de la rumination et de la déglutition des liquides; il constituait une sorte de flux et de reflux très beau à voir. C'est par lui que les aliments sont mêlés et brassés dans tous les sens, que les supérieurs deviennent inférieurs, et réciproquement; que ceux relégués au fond de l'estomac viennent se mettre en contact avec le cardia et la gouttière œsophagienne. On conçoit donc très bien par là, pourquoi, dans les expériences de M. Flourens, la luzerne verte et les grains donnés à un mouton se trouvèrent bientôt mêlés aux substances que la panse renfermait depuis longtemps.

Ce mouvement, qu'il faut bien distinguer de celui qu'impriment à l'estomac et à son contenu le diaphragme et les muscles abdominaux, est effectué par les parois du rumen, et surtout par les faisceaux charnus qui, comme de véritables ceintures, étreignent la masse alimentaire, la divisent en plusieurs parties, plus faciles ensuite à déplacer. Il a, outre son utilité relative à la rumination, une très grande importance, car il contribue à l'atténuation des aliments qu'il mêle sans cesse aux liquides. S'il n'avait pas lieu, comment les substances qui se trouvent dans les régions postérieures pourraient-elles revenir au cardia et obtenir leur tour de rumination ?

Il est des circonstances dans lesquelles le mouvement imprimé aux matières alimentaires est nul ou à peu près insaisissable ; ainsi il ne s'opère pas chez les animaux malades dont le contenu de la panse est durci; on ne peut, non plus, le con-

stater dans les premiers temps qui suivent l'établissement d'une fistule à la panse. Les boules, les petits sachets, les faisceaux d'herbes qu'on dispose à des endroits déterminés de la surface et de l'intérieur de la masse, sont souvent retrouvés à la même place au bout de douze ou de vingt-quatre heures. Il convient donc, pour s'en faire une idée exacte, de se placer dans les conditions précédemment indiquées.

Les liquides éprouvent aussi dans les deux premiers estomacs des mouvements fort remarquables, que l'on apprécie aisément en engageant le bras dans les diverses parties de ces réservoirs par la fistule dont j'ai parlé. On constate ainsi que le réseau, une fois rempli, lance dans le rumen, par des contractions brusques et très énergiques, une partie de son contenu. Ces contractions, que la main de l'expérimentateur excite par moments, ont tant de force, que le liquide qu'elles déplacent inonde la masse alimentaire et parvient quelquefois jusqu'au niveau de l'ouverture artificielle. L'eau projetée de cette manière dans le rumen s'infiltre à travers les aliments, arrive à la région inférieure du viscère, et se trouve plus tard reportée par les contractions de celui-ci dans le second estomac.

Quant à savoir si les aliments éprouvent des changements dans leur nature par l'effet des sucs renfermés dans les premiers estomacs, c'est une question accessoire à la rumination, sur laquelle nous reviendrons plus tard.

§ IV. — De la réjection.

Ce que nous avons examiné jusqu'ici était facile à éclaircir, mais ce qui reste est le point le plus obscur de la rumination.

Tous les auteurs ont reconnu, comme le fait observer M. Flourens, que les organes de la réjection sont de deux ordres : les uns immédiats et essentiels, ou les estomacs ; les autres médiats et simplement auxiliaires, le diaphragme et les muscles abdominaux. Recherchons d'abord quel est le rôle des agents immédiats de cet acte et le mode précis suivant lequel ils déterminent la réjection. Ici règne l'obscurité et doit régner aussi la divergence des opinions.

D'après Duverney (1), la panse est le véritable organe de la rumination. Cet estomac, qu'il suppose seul chargé de recevoir les aliments lors de la première déglutition, lui paraît exclusivement préposé à les renvoyer à la bouche par pelotes « qu'une forte compression et une secousse particulière de ce réservoir font pénétrer dans l'œsophage. » Il est aisé, dit-il, de prouver que la panse est le véritable instrument de la rumination, puisque les lièvres et les lapins, qui n'ont qu'un seul estomac, ruminent : assertion hasardée qu'il appuie sur un fait inexact.

Peyer soutient une opinion à peu près semblable à celle de Duverney et l'expose avec assez de détails, en comparant l'estomac au cœur. Chacun de ces organes a des ouvertures pour recevoir et d'autres pour expulser son contenu. Le cœur a un mouvement de diastole et un mouvement de systole ; l'estomac a aussi deux mouvements analogues à ceux-là : seulement le premier viscère chasse, en une seule fois, tout le fluide qu'il contient, tandis que le second ne renvoie qu'une partie des aliments qu'il renferme. C'est, ajoute-t-il, par la secousse violente des fibres de la panse que

(1) *Œuvres anatomiques*, Paris, 1761, t. II, p. 434 et suiv.

les matières alimentaires sortent de l'estomac et s'engagent dans l'œsophage ; car les pelotes n'ont en elles-mêmes aucune force qui puisse les faire remonter ainsi ; et il est impossible de trouver dans les estomacs une autre puissance susceptible d'effectuer cette expulsion. » Les aliments pénètrent forcément dans l'œsophage par suite de l'occlusion momentanée des ouvertures qui établissent une communication entre les premiers et les derniers réservoirs gastriques. L'explication est ingénieuse, mais elle reste problématique ; cependant Bourgelat, Chabert et d'autres l'adoptent sans contestation.

Perrault (1) conçoit la réjection d'une tout autre manière. La gouttière œsophagienne lui paraît spécialement affectée à la formation des petites masses alimentaires renvoyées à la cavité buccale. « Elle peut, dit-il, servir à faire retourner dans la bouche les herbes qui doivent y être remâchées, et à composer des pelotes que l'on voit remonter le long du col des bœufs quand ils ruminent ; ce demi-canal, avec ses rebords, étant comme une main ouverte qui prend les herbes et qui se ferme, les serre et les pousse en haut directement ; elle peut servir aussi à faire descendre les herbes remâchées, les conduire dans le second ou dans le troisième ventricule et les empêcher de rentrer dans le premier. »

Suivant cette hypothèse, très explicite, la gouttière œsophagienne prend donc les aliments dans la panse ; elle en forme des pelotes qu'elle pousse dans l'œsophage et qu'elle ramène dans les derniers estomacs, après la seconde mastication. Nous verrons bientôt ce qu'il faut penser de cette explication, d'ailleurs fort séduisante.

Daubenton (2) croit que les aliments, après la première déglutition, arrivent tous dans la panse, et que, pour être ramenés à la bouche, ils passent préalablement dans le réseau. Celui-ci, par sa contraction, en forme des pelotes qu'il humecte et pousse dans l'œsophage.

Ce naturaliste ayant trouvé, sur un mouton, le réseau tellement resserré, que sa cavité n'avait plus guère qu'un pouce de diamètre et renfermait seulement une toute petite pelote d'aliments, crut voir dans ce fait l'explication du phénomène de la réjection. D'après lui, lorsque l'animal veut ruminer, la panse, qui contient les aliments mâchés une première fois, « se contracte, comprime leur masse et en fait entrer une portion dans le bonnet. Ce viscère se contracte aussi, enveloppe la portion d'aliments qu'il reçoit, l'arrondit, et en fait une pelote par sa compression, et l'humecte avec l'eau qu'il répand dessus en se contractant. » Il ajoute que cette pelote, une fois formée, est saisie par la gouttière œsophagienne et transmise à l'œsophage, qui la porte à la bouche. Après la seconde mastication, la gouttière œsophagienne fermée la ramène dans le feuillet.

Cette explication, si elle n'est pas plus admissible que les précédentes, a du moins l'avantage de se baser sur un fait. Bourgelat déjà l'a réfutée, mais sans arguments bien sérieux, et avec un dédain qui ne lui était guère permis, après ce qu'il venait d'écrire lui-même sur la rumination. Les deux principales objections qu'elle fait naître sont celles-ci : d'abord, si le réseau est destiné à former la pelote, comment peut-il, avec les grandes dimensions qu'il a chez le bœuf, se contracter au point de

(1) *Essais de physique*, 1680, et *Œuvres diverses de physique et de mécanique*. Leyde, 1721, t. II, p. 437.

(2) *Histoire de l'Académie des sciences*, 1768, p. 389 et suiv.

ne plus avoir que le diamètre de l'œsophage ou d'une pelote? Le fait est évidemment impossible. Ensuite, si cet organe reçoit de la panse de quoi composer plusieurs pelotes, renvoie-t-il au premier estomac l'excédant de ce qui lui est nécessaire, ou bien forme-t-il du tout une pelote deux ou trois fois plus grande que d'ordinaire, et alors comment celle-ci peut-elle s'engager dans le cardia et remonter l'œsophage ?

Mais on pouvait combattre la théorie de Daubenton avec d'autres armes que de simples objections : c'est ce que M. Flourens a fait. Cet habile expérimentateur a retranché une partie du réseau sur un mouton, et a fixé par des points de suture aux parois de l'abdomen la partie non excisée, de telle sorte que le reste du réservoir n'était pas susceptible, en se contractant, de s'affaisser et de mouler une pelote. Néanmoins, l'animal put encore ruminer. Il devenait donc évident, par ce résultat, que le réseau n'est pas chargé de la fonction que Daubenton lui avait attribuée.

Le mécanisme de la réjection, tel que le concevaient Duverney, Peyer, Perrault, Daubenton, n'est donc nullement démontré. La manière de voir de tous ces auteurs, adoptée, avec quelques variantes, par ceux qui depuis ont traité de la rumination, ne repose sur aucun fait, sur aucune preuve. Pour trouver la vérité, il faut sortir du cercle vicieux des hypothèses et recourir à l'expérimentation.

D'après les recherches de M. Flourens (1), il y a dans la rumination : 1° formation de pelotes ; 2° ces pelotes sont rondes ; 3° un appareil particulier est chargé de les former ; 4° enfin cet appareil se compose du demi-canal et des deux ouvertures fermées du feuillet et de l'œsophage. Le savant physiologiste formule ces propositions d'après les expériences suivantes :

Premièrement, sur un mouton, on ouvre l'œsophage longitudinalement vers le milieu du cou, dans le but de recueillir les pelotes qui pourraient tomber par cette ouverture ; mais l'animal ne rumine point. On le tue au bout de trois ou quatre jours. La panse ne contient pas de liquide ; les aliments qu'elle renferme sont desséchés. « Vers l'endroit où cet estomac répond à l'ouverture de l'œsophage, est une pelote parfaitement ronde et d'un pouce à peu près de diamètre, comme celle que Daubenton a décrite. Cette pelote est appliquée, d'un côté, contre l'ouverture fermée de l'œsophage ; elle est appliquée, de l'autre, contre la masse d'herbes contenue dans la poche antérieure de la panse ; et, par le reste de son étendue, elle est engagée entre les deux bords du demi-canal. »

Deuxièmement, sur un autre mouton, la même opération est pratiquée. L'animal ne rumine pas non plus. Il est tué au bout de deux jours. Les aliments de la panse sont durs ; le réseau est vide. Le demi-canal ne contient pas une pelote entièrement formée, « mais une pelote qui commençait à se former, et qui n'en montrait que mieux le mécanisme de sa formation. Cette pelote, à demi formée, répond d'un côté à l'ouverture fermée de l'œsophage ; de l'autre, à l'ouverture fermée du feuillet ; par le reste de son étendue, elle est engagée entre les bords du demi-canal ; et il est évident que ces deux ouvertures, fermées et rapprochées d'une part, et le demi-canal de l'autre, constituent, par leur réunion, l'appareil même qui l'a à demi formée. »

(1) *Mém. d'anatomie et de physiologie comparées*, Paris, 1844, p. 59.

Enfin, sur un troisième mouton, l'œsophage est ouvert comme précédemment ; celui-ci rumine et les pelotes tombent par l'ouverture ; elles sont humides, molles et un peu allongées par la pression du canal qui les a amenées. Au bout de quelques jours l'animal est tué, et l'on trouve dans le demi-canal « une pelote sèche et ronde, appliquée de même contre l'ouverture de l'œsophage et parfaitement semblable, en un mot, à celle du premier mouton. »

Voici comment M. Flourens explique l'action de l'appareil formateur des pelotes, c'est-à-dire celle du demi-canal, de l'orifice inférieur de l'œsophage et de l'ouverture supérieure du feuillet : « Les deux premiers estomacs, en se contractant, poussent les aliments qu'ils contiennent entre les bords du demi-canal ; et ce demi-canal, se contractant à son tour, rapproche les deux ouvertures du feuillet et de l'œsophage ; et ces deux ouvertures, fermées à ce moment de leur action et rapprochées, saisissent une portion des aliments, la détachent et en forment une pelote. » Lorsque cet appareil est mis à nu sur l'animal vivant, « on voit, dès que les estomacs agissent et se meuvent, les ouvertures de l'œsophage et du feuillet se rapprocher : de plus, on constate que ces ouvertures se ferment en même temps qu'elles se rapprochent ; enfin, si l'on irrite le nerf pneumo-gastrique, « on voit aussitôt, et tout à la fois, se resserrer et se contracter, et l'ouverture de l'œsophage, et les bords du demi-canal, et l'ouverture du feuillet (1). »

Toutes ces expériences, si habilement combinées, séduisent ; elles semblent parler clairement ; mais pour que l'esprit fût entièrement satisfait, il faudrait, comme M. Flourens le dit lui-même (2), instituer une expérience qui permît de voir l'appareil fonctionner, ainsi qu'il a été dit précédemment. Inspiré de cette idée, j'ai réfléchi longtemps à une combinaison susceptible de rendre évidente l'action de la gouttière œsophagienne, et n'en ai pas trouvé ; mais j'ai imaginé un moyen d'empêcher cet appareil d'agir, sans troubler sensiblement, si ce n'est dans les premiers moments, les fonctions digestives.

Ce moyen est d'une extrême simplicité. Des trois usages attribués à la gouttière œsophagienne, il ne supprime que celui qui a trait à la rumination, à supposer que ce premier usage soit réel, et il laisse subsister les deux autres, ou, en d'autres termes, il permet au demi-canal de conduire encore une partie des liquides dans les deux derniers estomacs et de transporter directement à la caillette les aliments ruminés, comme il pouvait le faire auparavant.

Sur un taureau, j'incisai les parois du flanc et celles du rumen, en arrière de la dernière côte gauche, de manière à pouvoir engager le bras dans le premier estomac, et je réunis, par une suture, chaque lèvre de la paroi du réservoir avec la lèvre correspondante de l'ouverture abdominale, afin d'empêcher les matières alimentaires de tomber dans la cavité du péritoine. Cela fait, j'engageai la main dans la partie antérieure du rumen, je saisis l'une des lèvres de la gouttière œsophagienne et la traversai par un fil de laiton aigu à l'une de ses extrémités, et contourné en spirale à l'extrémité opposée ; puis je traversai la seconde lèvre dans le point correspondant avec le même fil, dont je tordis ensemble les bouts, en amenant les deux lèvres en

(1) *Mém. cité*, p. 61.
(2) *Leçons orales*, 1851.

contact l'une avec l'autre. Je plaçai ainsi trois fils métalliques, le premier près du cardia, le second vers l'orifice supérieur du feuillet, et le troisième à peu près vers le milieu de la longueur du demi-canal, puis je fermai la plaie de la panse. L'animal parut souffrir le premier jour, et refusa toute nourriture ; le lendemain, il mangea, et se mit à ruminer dès le troisième jour, et il rumina longtemps. A l'autopsie de ce taureau, qu'on sacrifia peu après, les lèvres de la gouttière furent trouvées en contact, et les fils bien attachés. Je répétai la même expérience sur un autre taureau plus jeune et très vigoureux, et cette fois je plaçai quatre fils, régulièrement espacés, en prenant la précaution de les serrer fortement, et d'obtenir un contact parfait entre les lèvres de la gouttière. Dès le jour même, l'animal, que l'on avait préparé à l'opération par une diète de vingt-quatre heures, commença à manger ; il rumina le lendemain et les jours suivants. La rumination ne paraissait nullement gênée. La secousse du flanc, qui coïncide avec le départ des matières de l'estomac vers la bouche, n'était pas plus forte que d'habitude ; le temps qui sépare la déglutition d'un bol du retour d'un autre, était sensiblement égal à ce qu'il est dans les circonstances ordinaires ; la durée des périodes de la rumination, le nombre des coups de dents pour la mastication mérycique d'une pelote n'étaient nullement modifiés. Les bols envoyés à la bouche avaient leur poids normal (je m'assurai du fait en prenant, dans la cavité buccale, un certain nombre d'entre eux immédiatement après leur arrivée) ; enfin ceux-ci avaient les caractères accoutumés : leur arrivée à la bouche était suivie de la descente d'une, de deux ou de trois ondées de liquide. Lorsque l'animal fut tué, les fils étaient encore bien attachés, et les lèvres du demi-canal en contact l'une avec l'autre, comme le montre la figure 42, placée en regard de celle qui offre la gouttière à l'état normal, *fig.* 43.



Fig. 42 et 43. — *A*. Extrémité inférieure de l'œsophage. — *B*. Orifice cardiaque. — *C*. Orifice supérieur du feuillet.

Ainsi, dans cette circonstance, les deux lèvres de la gouttière sont attachées en-

semble depuis le cardia jusqu'à l'orifice supérieur du feuillet; elles ne peuvent plus s'écarter l'une de l'autre pour saisir les aliments; elles sont mises dans l'impossibilité de les recevoir, à supposer que ce soient les contractions de la panse qui les poussent entre elles; et cependant l'animal rumine parfaitement. Elles ne sont donc pas les agents de la réjection. Enfin, ces deux lèvres forment un canal complet qui permet aux liquides de passer de l'œsophage dans le feuillet et la caillette, et aux aliments ruminés de suivre leur marche ordinaire, car l'état même dans lequel les place l'expérience, a pour effet de les dispenser d'une contraction; aussi l'animal continue-t-il à bien digérer.

Cette expérience, instituée dans le but de voir si le demi-canal œsophagien est l'agent de la réjection, a été faite par la nature elle-même, sous une autre forme, chez les ruminants sans cornes. J'ai trouvé, il y a plus de deux ans, que la gouttière œsophagienne du lama n'a qu'une seule lèvre mince et étroite, disposition qui se reproduit exactement dans le dromadaire.

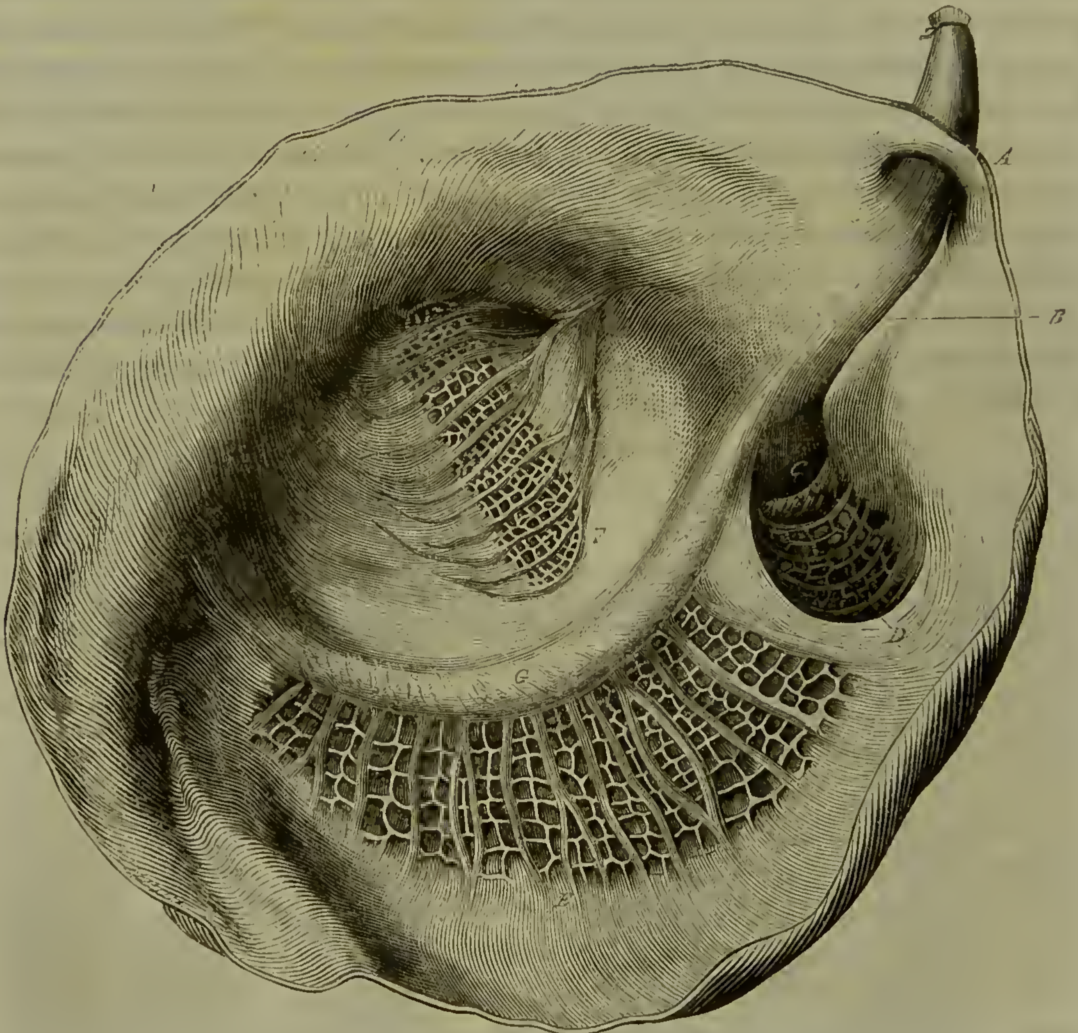


Fig. 44. — *Gouttière œsophagienne du lama.*

A. Extrémité inférieure de l'œsophage. — *B.* Lèvre unique de la gouttière. — *C.* Orifice supérieur du feuillet. — *D.* Réseau. — *E.* Cellules aquifères droites. — *F.* Cellules aquifères antérieures. — *G.* Pilier charnu séparant les deux groupes des cellules.

Si ce n'est pas la gouttière œsophagienne qui saisit les aliments, les réunit en une petite masse et les conduit dans l'œsophage, comment ces aliments parviennent-ils à s'engager dans ce canal?

Pour concevoir ce qui se passe lors de la réjection, il faut se rappeler que l'orifice cardiaque est situé à peu près entre le rumen et le réseau, et qu'il répond au sac antérieur du rumen où se trouvent des aliments très délayés. Or, lorsque la panse et le réseau se contractent ensemble, car leurs contractions sont simultanées, ils poussent vers l'orifice inférieur de l'œsophage, l'une des aliments très délayés, l'autre des liquides ; l'œsophage se relâche et leur offre un dilatation infundibuliforme dans laquelle ils s'engagent ; puis, lorsqu'il en a reçu une quantité proportionnée à sa dilatation, il se referme aussitôt et éprouve une contraction antipéristaltique qui les porte de bas en haut vers la cavité buccale.

Les aliments placés en avant du rumen, au voisinage du cardia, et détrempés dans le liquide qui se trouve sur le plancher intermédiaire aux deux étages, sont les premiers à s'engager dans l'œsophage. Ceux des parties postérieures du viscère viennent à leur tour, comme l'indique la direction des petites flèches (fig. 45), se présenter à l'orifice qui doit les recevoir ; ils se délaient comme les premiers et se mêlent à leur départ avec les fluides lancés par les contractions du réseau coïncidant avec celles de la panse.

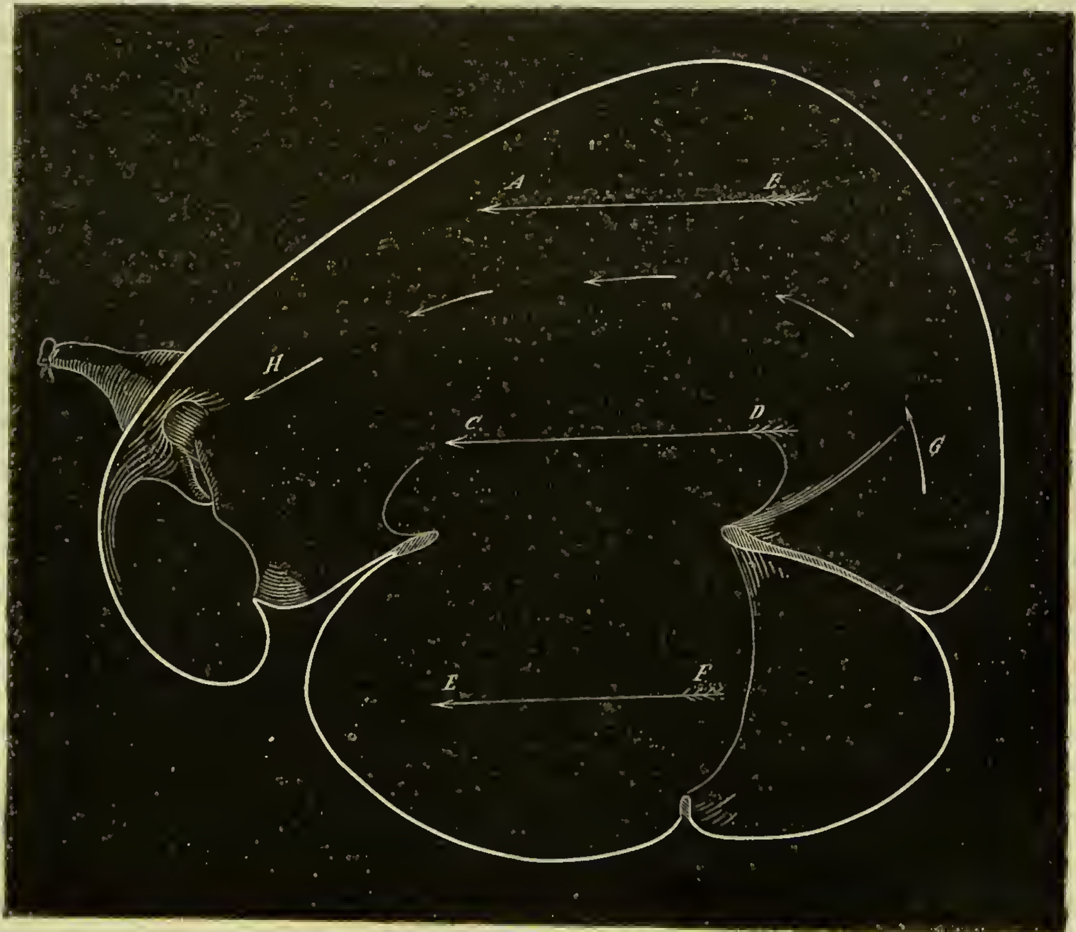


FIG. 45. — *Coupe verticale longitudinale du rumen et du réseau.*

Grande flèche *AB*, région supérieure. — Grande flèche *CD*, région moyenne. — Grande flèche *EF*, région inférieure ou des liquides. — *GH*, petites flèches donnant la direction suivie par les aliments qui viennent des parties postérieures de la panse vers le cardia pour être ruminés.

Les matières alimentaires ainsi envoyées à la bouche sont molles et délayées dans une forte proportion de liquide qui permet à leur marche ascensionnelle de se faire

avec une extrême rapidité. Dès qu'elles sont arrivées dans la cavité buccale, l'eau qui leur servait de véhicule, devenant inutile, est bientôt dégluție en une, deux ou trois ondées successives que l'on voit passer très distinctement sur le trajet de l'œsophage, et que l'on entend descendre, si l'on vient à appliquer l'oreille sur l'encolure, dans la partie correspondant au canal.

La réjection, pour s'effectuer, réclame à la fois le concours du rumen, celui du diaphragme et des muscles abdominaux. C'est ce qu'avaient pressenti et indiqué les anciens auteurs, Peyer, Duverney, etc., et c'est ce que M. Flourens a parfaitement démontré.

Le rumen, soumis à diverses espèces d'irritations énergiques, se contracte très peu, lorsqu'il est complétement mis à nu et privé, par conséquent, de l'appui que lui donnent les parois abdominales. L'action de l'air, le contact des acides, le pincement, les piqûres, les incisions sur sa tunique charnue, sur sa membrane muqueuse et sur les deux à la fois, ne provoquent que des contractions lentes, à peine appréciables et souvent même insensibles. Mais si on le laisse enveloppé par le péritoine et les aponévroses sous-jacentes à cette séreuse, on voit, d'après M. Flourens, cet estomac se contracter, se dilater, s'agiter presque perpétuellement d'un grand mouvement vermiculaire. Ses contractions sont surtout énergiques au niveau des faisceaux musculaires, ainsi qu'on peut s'en assurer en introduisant la main dans sa cavité.

En promenant le bras dans toutes les parties du réservoir, il est facile de juger des contractions de ses parois; mais, pour cela, il ne faut pas le débarrasser de son contenu, car alors il devient flasque et sans ressort. Le pincement des piliers charnus, leur piqûre, déterminent parfois de légers mouvements, mais souvent ils ne produisent aucun effet perceptible. Le réseau se contracte spontanément et avec force, quand la main est introduite dans sa cavité. Les lèvres de la gouttière œsophagienne paraissent se tendre et se rapprocher un peu, lors de la déglutition des liquides. Pour mettre en jeu leurs fibres charnues, j'ai plusieurs fois, avec les aliments du rumen, formé de petites pelotes que je poussais entre ces lèvres ; mais celles-ci ne se sont point rapprochées ; elles ont conservé leur état intermédiaire à la tension et à la flaccidité ; en un mot, elles n'ont pas saisi le bol qui leur était présenté. Le cardia est la partie la plus facile à mettre en mouvement : le doigt qui cherche à y pénétrer se trouve comprimé avec force, et par une série de contractions très rapprochées les unes des autres ; les petites pelotes qu'on y pousse sont rejetées avec force dans la panse ou dans le réseau. Cette région est non seulement la plus évidemment contractile du viscère, elle est encore la plus sensible et même la seule qui ait une sensibilité manifeste : le simple contact du doigt y provoque des mouvements énergiques, tandis que la piqûre, la cautérisation, l'incision des parois du rumen en divers points, l'irritation des papilles de la muqueuse, ne donnent pas lieu à la moindre douleur. L'orifice supérieur du feuillet se resserre aussi sur le doigt au moment de la traction exercée sur ses longues papilles.

La section des nerfs pneumo-gastriques paralyse la panse et empêche la rumination de s'opérer. M. Flourens, qui a constaté ce fait, a vu aussi que les animaux ne pouvaient plus ni manger, ni prendre de boissons. Il y a pourtant des exceptions à ce résultat. Une chèvre dont j'ai déjà parlé mangea encore un peu après la section

des deux nerfs. La section d'un seul pneumo-gastrique, que j'ai faite sur un mouton, n'a suspendu la rumination que momentanément.

L'intervention du diaphragme et des muscles abdominaux est indispensable à la réjection. M. Flourens le prouve par les expériences suivantes : 1° Les deux nerfs diaphragmatiques sont coupés à un mouton. Après un essoufflement momentané, l'animal reprend du calme, se met à manger, et il rumine dès le lendemain, mais il rumine avec peine, les muscles abdominaux étant obligés d'agir seuls comme auxiliaires de la réjection ; 2° sur un autre mouton, la moelle épinière est coupée au niveau de la dernière vertèbre dorsale, afin de paralyser les muscles de l'abdomen. L'animal continue à manger et à ruminer ; les muscles abdominaux se contractant encore faiblement. Enfin, sur un troisième, la section de la moelle est faite au niveau de la sixième vertèbre dorsale ; cette fois, les muscles abdominaux restent sans action et la rumination ne se fait plus.

Ainsi se trouve déterminé le rôle des diverses parties qui concourent à la réjection.

§ V, — Des estomacs où vont les aliments lors de la deuxième déglutition.

Les matières alimentaires qui reviennent à l'estomac, après avoir été soumises à une nouvelle mastication, tombent-elles, comme la première fois, dans le rumen et le réseau, ou bien suivent-elles une autre route pour se rendre dans le feuillet et la caillette ? La question est difficile à résoudre, et elle ne peut être résolue sans le secours de l'expérimentation.

Peyer (1) croit que les aliments ruminés reviennent dans le réseau pour la plus grande partie, et qu'il n'en arrive que très peu dans la panse. Duverney est du même sentiment ; il dit que les aliments, après la seconde mastication, tombent, partie dans le réseau, partie dans le premier estomac, et il ajoute que le réseau pousse dans le troisième estomac les matières très divisées, et qu'il renvoie à la panse celles qui sont encore grossières pour être soumises à une nouvelle rumination. Haller prétend qu'ils reviennent au rumen. Perrault, Camper et Daubenton, croient qu'ils suivent la gouttière œsophagienne et arrivent directement au feuillet et à la caillette. Enfin, Bourgelat avance que, de ces aliments ruminés, les parties les plus grossières tombent dans le premier estomac, et que les plus fluides suivent la gouttière œsophagienne et arrivent ainsi directement dans le feuillet et la caillette. Ces auteurs se basent, pour dire que les aliments ruminés vont dans tel ou tel réservoir, sur l'apparence et l'état de ces aliments ; ils pensent que ceux qui sont mous et très divisés ont été ruminés, et que ceux, au contraire, qui se trouvent grossiers et durs, n'ont pas subi cette opération. Cette apparence bien trompeuse ne peut suffire à distinguer sûrement les substances ruminées de celles qui ne le sont pas.

M. Flourens établit des anus artificiels aux premiers estomacs, de manière à pouvoir engager le doigt dans ceux-ci, et même à voir ce qui se passe dans leur intérieur. Lorsque les animaux ruminaient, le doigt introduit dans l'ouverture de la panse faisait sentir, « mais seulement par moments ou par intervalles, une partie

(1) *Ouv. cité*, lib. III, cap. III.

de l'aliment ruminé, au moment où il était dégluti, et il en était de même quant au bonnet; de plus, en écartant les lèvres de l'ouverture de celui-ci, on voyait une partie de l'aliment ruminé suivre le demi-canal de l'œsophage et passer immédiatement jusque dans le feuillet. » Ainsi, d'après M. Flourens, « une partie de l'aliment ruminé revient donc dans les deux premiers estomacs, et l'autre partie passe immédiatement par le demi-canal de l'œsophage dans le feuillet. »

J'ai tenté, sur mes animaux à grandes fistules au rumen, d'engager la main dans la panse et le réseau, près du cardia et de la gouttière œsophagienne, pendant la rumination, pour reconnaître la marche du bol, lors de la deuxième déglutition; mais comme il était facile de le prévoir, la rumination se suspendait immédiatement, et ne se rétablissait pas tant que mon bras demeurait dans l'estomac; enfin, à d'autres moments, lorsque la rumination d'un bol était près de finir, j'engageais brusquement le bras dans l'ouverture du rumen, mais aussitôt la déglutition s'opérait, et le bol était revenu à l'estomac avant que ma main, traversant la masse alimentaire, fût parvenue au cardia et au demi-canal œsophagien. Peut-être, à force de soins et de persévérance, on arriverait à habituer un bœuf à ruminer quand la main de l'expérimentateur resterait dans la panse : alors il serait facile de trancher la question.

Si, dans l'espèce, il est permis de raisonner par analogie, et de tirer des déductions des faits établis précédemment, on peut, jusqu'à un certain point, préjuger ce qui a lieu lors de la deuxième déglutition, d'après ce qui se passe lors de la première.

Or, si la main est introduite dans l'estomac, près de l'orifice cardiaque, lorsque l'animal mange, on sent que les bols, quelles que soient les substances qui les composent (herbes, foin, racines, avoine, farine), arrivent au réseau ou à la panse; ils sont arrondis, allongés, ovoïdes, enveloppés d'une couche épaisse de mucus; ils sont poussés avec force et ne se déforment pas en tombant. Rien alors ne suit le demi-canal œsophagien. Pendant que l'animal boit, soit à grandes, soit à petites gorgées, les ondées de liquide sont lancées avec force à la fois dans le premier et le second estomac. Les lèvres de la gouttière, légèrement froncées et à demi-rapprochées, laissent passer entre elles un filet d'eau qui descend directement dans le feuillet et la caillette; mais la quantité de liquide qui passe entre elles est fort peu considérable; elle est souvent si minime, qu'il est difficile de bien s'assurer de la réalité de son passage.

D'après cela, puisque, d'une part, les aliments très divisés, comme l'herbe tendre, les racines, le son et la farine, tombent, soit dans le rumen, soit dans le réseau, et que, d'autre part, les liquides, même ceux pris à petites gorgées, arrivent pour la plus grande partie dans ces mêmes réservoirs, il est fort probable que les aliments ruminés reviennent aussi, pour la plus grande partie, dans le rumen et le réseau, et que la plus petite proportion, formée de matières fluides, suit le canal œsophagien, puis se rend directement dans le feuillet et la caillette. Cette déduction est, du reste, parfaitement d'accord avec les résultats des expériences de M. Flourens.

Dès l'instant que les aliments ruminés reviennent en partie, et même en grande partie, aux deux premiers estomacs, il doit arriver que ces aliments soient susceptibles d'être renvoyés à la bouche une seconde fois. Duverney, Peyer, Haller, Bour-

gelat le croyaient, et tout porte à croire qu'il en est ainsi pour une certaine quantité qui se mêle avec la masse des matières non ruminées. De même, il est certain que les parties fluides peuvent ne pas être toutes envoyées à la bouche, et passer par l'intermédiaire du réseau dans les deux derniers réservoirs gastriques.

Mais il importe que les aliments qui ont éprouvé une seconde mastication ne se mêlent pas trop avec les autres, et se rendent dans les derniers estomacs. Or, ils tombent, partie dans le réseau, partie dans le ventricule antérieur de la panse : celui-ci communiquant largement avec le second estomac, les aliments mous et divisés qu'il reçoit passent aisément dans le réseau qui, en se contractant, les chasse avec ceux qu'il a reçus dans le feuillet, dont l'orifice supérieur acquiert un certain degré de dilatation. Les papilles longues et recourbées qui garnissent le pourtour de ce pylore arrêtent les parcelles grossières. Les matières qui s'engagent dans le feuillet suivent la petite courbure de ce réservoir, et arrivent vite dans la caillette; néanmoins leurs parcelles, encore imparfaitement atténuées, s'arrêtent entre les lames de ce troisième estomac.

III. DES PHÉNOMÈNES SENSIBLES DE LA RUMINATION.

Les actions que nous venons d'examiner dans leurs détails les plus essentiels n'étaient point directement accessibles à nos sens. Elles ne pouvaient être appréciées et mises en évidence que par le secours des armes et des artifices de l'expérimentation combinés avec art. Les phénomènes qui nous restent à étudier sont relatifs : 1° à la réjection des matières alimentaires; 2° à leur seconde mastication ; 3° à leur nouvelle insalivation; 4° enfin à la déglutition des aliments ruminés. A leur examen se rattachent celui des divers bruits qui se produisent dans l'estomac et l'œsophage lors des pérégrinations des aliments ; celui des conditions dans lesquelles la rumination s'établit et se continue, des causes qui la suspendent ou l'empêchent de s'établir, des variétés qu'elle offre suivant les âges et les espèces.

§ I. — De la réjection.

Le renvoi à la bouche des aliments contenus dans l'estomac comprend deux actes distincts, l'un par lequel le bol est formé et engagé dans l'orifice cardiaque de l'œsophage, l'autre par lequel cette masse alimentaire est transportée des réservoirs gastriques jusqu'à la cavité buccale. Nous connaissons déjà le premier ; le second, extrêmement simple, peut être analysé sans aucune difficulté.

Lorsque la pelote alimentaire s'engage dans l'œsophage, on observe, dans le flanc, un mouvement brusque plus sensible que les autres mouvements respiratoires. Les uns ont dit que c'était une inspiration profonde; les autres ont avancé, au contraire, que c'était une expiration. Girard, qui partage la première opinion, prétend que la rumination débute par une forte inspiration, dans laquelle il y aurait en même temps contraction du diaphragme et contraction des muscles abdominaux ; double action auxiliaire qui coïnciderait nécessairement avec celle de l'estomac, la plus essentielle de toutes.

D'après cette théorie, les muscles abdominaux, qui sont les antagonistes du dia-

phragme, deviendraient les congénères de ce dernier, de telle sorte que, lors de cette inspiration initiale, le diaphragme, qui a déjà pour antagonistes passifs l'estomac et les viscères abdominaux, aurait encore à vaincre une énergique contraction des muscles abdominaux. Cette proposition, difficile à admettre, n'est nullement démontrée par l'observation. Lorsqu'on examine attentivement l'animal qui rumine, on voit qu'immédiatement avant l'arrivée de la pelote à la partie cervicale de l'œsophage, il s'opère un mouvement brusque dans le flanc, mouvement surtout marqué quand l'animal est couché. C'est, autant qu'on peut en juger, une inspiration un peu forte, suivie aussitôt d'une rapide expiration. Ce mouvement brusque coïncide avec la pénétration de la masse alimentaire dans l'infundibulum œsophagien.

Cette sorte d'effort n'est jamais bien énergique dans les circonstances ordinaires ; elle le devient chez les animaux faibles, à la suite des maladies pendant lesquelles les aliments se sont durcis dans la panse. Buffon prétend que le cerf éprouve une certaine difficulté à renvoyer ses aliments dans la bouche, et qu'il ne peut le faire sans secousses ; mais l'observation, du moins en ce qui concerne les cerfs des ménageries, ne me paraît point justifier l'assertion du grand naturaliste.

Dès que le bol est engagé dans l'œsophage, il est porté à la bouche avec une étonnante rapidité par l'action des fibres spirales croisées, si bien décrites par Sténon et Peyer. Cette contraction, qu'on aurait pu croire lente comme celle de l'intestin, s'effectue avec une vitesse qui ne cède en rien à celle du cœur et des muscles volontaires ; elle fait arriver la pelote (et maintenant nous savons quelle valeur il faut attacher à ce mot) par une sorte d'ondulation comparable à celle qu'éprouve le liquide d'un tube qu'on incline subitement dans différentes directions. L'ascension de cette pelote est visible, dans toute l'étendue de la région cervicale, chez la plupart des ruminants, surtout chez ceux qui sont maigres ou qui ont une encolure longue, comme le lama et le chameau ; elle est sensible non seulement à gauche, mais encore à droite, bien que, de ce côté, le conduit œsophagien soit très éloigné de la peau ; elle est même apparente au bord inférieur de l'encolure et sur la ligne médiane chez le dromadaire.

La marche du bol alimentaire dans l'œsophage n'est pas seulement sensible à la vue, elle est encore parfaitement appréciable par le toucher et surtout par l'auscultation. Ce dernier moyen permet, en quelque sorte, à l'observateur de suivre la pelote depuis le moment de son départ de l'estomac jusqu'à celui de son arrivée dans la bouche. Cherchons donc à préciser le caractère des bruits ou *râles* que l'oreille perçoit, quand elle est appliquée successivement sur le flanc, sur les parois du thorax et sur le trajet cervical de l'œsophage.

Lorsqu'on applique l'oreille sur le flanc gauche, pendant la rumination, on entend, à des intervalles plus ou moins rapprochés, des bruits très divers par leur timbre et leur intensité, qui n'ont rien d'assez particulier pour être distingués facilement de ceux qui se font entendre hors des périodes de la rumination. Mais indépendamment des conditions dans lesquelles ils se produisent, on peut en reconnaître plusieurs variétés.

Tantôt c'est une sorte de frémissement, de froissement sec et prolongé qui, d'abord faible, devient rapidement plus intense, pour diminuer et cesser insensiblement : c'est un véritable râle crépitant qu'on croirait appartenir au poumon, si

l'oreille était appliquée sur les parois du thorax. Il est difficile de trouver la cause de ce bruit et de savoir quelle est sa signification ; mais comme il se renouvelle souvent, et à des intervalles régulièrement espacés, on pourrait croire qu'il dépend des mouvements respiratoires, lesquels peuvent, à de certains moments, opérer une compression sur les aliments et les gaz aussi bien qu'un déplacement des liquides de l'estomac.

D'autres fois, au contraire, c'est un bruit sourd, prolongé comme le premier, une espèce de roulement comparable à celui d'un orage qui gronde dans le lointain. Il semble dû à un déplacement lent des liquides et des gaz de l'estomac dans des points éloignés de celui sur lequel on a porté l'oreille.

Par moments, c'est le bruit plus clair, plus saccadé d'un torrent ou d'une cascade, ou bien c'est un véritable gargouillement semblable à celui qui se produit si souvent dans l'intestin.

Ces différents bruits, dont je viens d'indiquer les mieux caractérisés, alternent les uns avec les autres et se succèdent plus ou moins rapidement, suivant les circonstances. Ils se font entendre quand l'animal mange ou qu'il boit, après qu'il vient de manger, lorsqu'il rumine ou pendant les intervalles de la rumination. Il m'a été impossible de trouver ce qu'ils peuvent avoir de particulier dans telle ou telle de ces conditions. Peut-être qu'avec des soins on arriverait à ce résultat.

Si, au lieu d'appliquer l'oreille sur le flanc gauche, on l'applique sur le flanc droit, on percevra la sensation des mêmes bruits, à quelques légères différences près ; mais ni dans l'un, ni dans l'autre cas, on n'entendra rien de particulier lors de la formation de la pelote et de sa pénétration dans l'orifice cardiaque. Dans le cas où un bruit particulier se produirait à ce moment, on pourrait avec un peu d'attention le saisir, puisque la secousse imprimée à l'oreille par le mouvement brusque du flanc avertirait l'observateur et lui permettrait, par la coïncidence du mouvement avec le bruit, de rapporter ce dernier à la formation de la pelote ou à sa pénétration dans l'orifice inférieur de l'œsophage.

Si maintenant on vient à appliquer l'oreille sur les parois thoraciques droites ou gauches, que ce soit tout près de l'épaule ou au niveau de la dernière côte, en haut, à la partie moyenne, ou en bas, on perçoit encore la sensation de tous les bruits de l'estomac, surtout des borborygmes et des gargouillements ; on entend aussi très distinctement ce bruit qui se produit à peu près constamment entre l'instant qui s'écoule depuis l'envoi d'un bol dans la bouche jusqu'à celui de sa seconde déglutition. Enfin, un bruit particulier, parfois peu distinct, annonce le passage du bol dans la région thoracique de l'œsophage.

Si, en dernier lieu, on vient à porter l'oreille sur le trajet cervical de l'œsophage, c'est-à-dire sur la gouttière de la jugulaire gauche, on entend très distinctement passer le bol, et aussi bien qu'on avait pu le voir et le sentir.

Aussitôt qu'il arrive, l'oreille perçoit la sensation tactile d'un corps qui passe très vite au-dessous d'elle, et, en même temps, elle donne la sensation d'un bruit particulier assez fort qui semble indiquer que le bol est imprégné ou accompagné d'une certaine quantité de liquide. Le caractère spécial de ce râle œsophagien est important à noter, puisqu'il permet de constater assez positivement l'état des aliments qui marchent vers la bouche.

Mais dès l'instant que cette petite masse est arrivée dans la cavité buccale, on entend et l'on sent redescendre quelque chose qui passe avec une grande vitesse. Le bruit perçu dans cette circonstance est un bruit de liquide fort distinct qui se produit à une, deux et même trois reprises différentes. Ce sont autant d'ondées qui descendent vers l'estomac.

Pour peu qu'on cherche à se rendre compte de la nature de ces bruits œsophagiens, on voit que leur signification est facile à trouver. En effet, lorsque le bol remonte de l'estomac vers la bouche, il donne la sensation de quelque chose qui est délayé ou noyé dans un liquide, c'est qu'aussi il paraît accompagné d'une ondée d'eau qui lui permet de parcourir le trajet de l'œsophage avec une étonnante rapidité, ce qu'il n'aurait pu faire s'il eût été desséché et semblable à une petite boule de fourrage. La preuve qu'il en est ainsi, c'est que, aussitôt après l'arrivée du bol dans la bouche, le liquide qui l'avait accompagné, devenant désormais inutile, est dégluti en une, deux, trois ondées successives parfaitement reconnaissables. Nous pouvons aisément nous expliquer ce fait en nous rappelant, d'une part, que les aliments contenus dans le vestibule antérieur de la panse, près du cardia, sont très délayés et mêlés à une forte proportion d'eau ; d'autre part, que le réseau ordinairement plein de liquide lance, lors de la réjection, une partie de son contenu dans l'œsophage à l'instant même du départ de la petite masse alimentaire. La proportion d'eau contenue dans ce réservoir, bien qu'elle soit faible relativement à la quantité d'aliments à ruminer, peut néanmoins suffire longtemps, car le liquide qui accompagne chaque bol, lors de son ascension mérycique, étant ramené à la région antérieure du rumen et au réseau, peut servir ainsi fort longtemps à la rumination. On conçoit d'après cela que cet acte devienne impossible chez les moutons laissés plusieurs jours sans boire, comme M. Flourens l'a vu dans ses expériences.

Voilà donc le bol arrivé à la bouche. Pendant qu'il parcourt l'œsophage, on n'observe pas cet allongement de l'encolure indiqué par divers auteurs : le cou ne s'étend pas sensiblement, et la tête n'est point portée en avant. Mais quelle est la quantité des matières ainsi ramenées à chaque réjection, et quel est l'état de ces matières ?

La quantité d'aliments qui est renvoyée à la bouche est assez considérable, comme on peut s'en assurer par une expérience de la plus grande simplicité. Si, pendant que l'animal rumine, on vient à comprimer brusquement l'œsophage en appuyant avec force une main de chaque côté de la gouttière des jugulaires, et si au même moment un aide lui ouvre la bouche et retire ce qu'elle contient, on a une masse molle du poids moyen de 100 à 120 grammes pour le bœuf. Cette masse est formée de parcelles très grossières et peu délayées, lorsqu'on la retire immédiatement après son arrivée dans la cavité buccale ; elle est au contraire très divisée et réduite en bouillie plus ou moins fluide, si on la reprend après qu'elle a subi une mastication à peu près complète ; enfin elle se trouve rassemblée sur la langue en un petit gâteau assez régulier, pour peu que les manipulations ralenties aient laissé au ruminant le temps de préparer la déglutition.

Le moyen que j'indique ici servirait très bien à constater la présence des liquides mêlés aux aliments ramenés à la bouche, si l'animal n'effectuait la déglutition des premiers avec une extrême rapidité, pendant qu'on lui écarte les mâchoires. Néan-

moins, en agissant avec célérité, on peut encore quelquefois en recueillir une quantité notable.

Du reste, pour s'assurer de l'état des matières ramenées à la bouche, en reconnaître les réactions, y constater l'existence des infusoires dont je parlerai plus tard, il n'est pas toujours nécessaire de recourir à ce procédé. J'ai vu à l'école un dromadaire qui laissait échapper de sa bouche une partie des aliments qu'il ruminait, quand on venait à le frapper un peu brusquement à la tête : le cri particulier qu'il poussait alors les faisait tomber avant qu'il eût pris le temps de les avaler. Ce fait n'est pas exceptionnel, car j'ai lu quelque part que les chameaux que l'on charge, lors de la rumination, crient souvent si fort, que les aliments leur sortent de la bouche.

La quantité de matières ramenées à chaque réjection étant déterminée approximativement, il est possible de calculer combien il faut de ces réjections pour que les 12 à 15 kilogrammes de foin dont se compose la ration diurne d'un bœuf soient soumis à une nouvelle mastication. Puisqu'on sait que les fourrages secs absorbent, par l'insalivation et par leur macération dans le rumen, à peu près trois à quatre fois leur poids d'eau, 12,500 grammes de foin acquièrent dans l'estomac un poids supposé égal à 62,500 grammes. Pour que cette masse soit soumise à une nouvelle mastication, il faut qu'il s'effectue 520 réjections ramenant chacune une pelote de 120 grammes, ce qui exige un temps égal à sept heures treize minutes, la mastication de chacune durant, terme moyen, cinquante secondes. En admettant que le septième de cette quantité n'ait pas besoin, pour être digérée, de subir une nouvelle mastication, on arrivera à conclure que le quart de la journée doit être employé à la rumination.

On comprend donc qu'un bœuf, pour digérer convenablement, doit passer le quart de la journée à ruminer ce qu'il a pris à ses repas. Il est évident, par conséquent, qu'il ne saurait être employé, comme le cheval, à des transports ou à des travaux qui exigent des efforts continuels, puisqu'il ne pourrait ruminer sa ration de fourrage. Cette donnée physiologique mérite d'être prise en très sérieuse considération, au point de vue de l'hygiène des animaux ruminants.

Quoi qu'il en soit, les aliments ramenés à la bouche ne sont pas acides, du moins aussitôt qu'ils ont éprouvé une mastication de quelques secondes ; ils offrent une réaction alcaline, à la vérité très faible, puisque le papier rouge de tournesol, mis en contact avec eux, n'est ramené que très lentement à la couleur bleue.

§ II. — De la mastication mérycique.

Aussitôt que le bol alimentaire est arrivé à la bouche, les mâchoires se mettent en mouvement pour lui faire subir une seconde mastication que j'appellerai *mérycique* (1), parce qu'elle constitue un des actes de la rumination, et afin de la distinguer de la première, qui est moins régulière et moins complète.

La direction, le nombre, la rapidité et la régularité des mouvements des mâchoires, lors de cette seconde trituration, offrent de très nombreuses variations qu'il importe de préciser.

(1) Qualificatif de mérycisme, de μηρυκισμός, rumination, — Je hasarde cette expression pour éviter une périphrase.

Tout le monde sait que, chez les ruminants, les mâchoires se meuvent latéralement, l'une sur l'autre, dans des limites assez étendues. Cette variété de mouvement, impossible chez les carnassiers, très difficile chez les rongeurs, tient, en ce qui concerne les ruminants, à des dispositions particulières des arcades molaires, des articulations temporo-maxillaires et des muscles masséters, sur lesquelles il est inutile de revenir ici.

Le mouvement de latéralité qui s'effectue déjà lors de la première mastication est mieux marqué, s'il n'est plus étendu dans la seconde. Suivant qu'il s'effectue de droite à gauche, de gauche à droite, ou qu'il se produit alternativement dans l'une et dans l'autre direction, on peut distinguer plusieurs sortes de *mastications méryciques*, ou si l'on veut, pour être plus simple, plusieurs sortes de *ruminations*, à savoir : 1° la *rumination unilatérale*, qui offre deux variétés, l'une de droite à gauche, l'autre de gauche à droite; 2° la *rumination alterne*, qui a aussi deux variétés, l'une alterne *régulière*, l'autre alterne *irrégulière*. Dans l'une et dans l'autre de ces deux espèces, le premier mouvement de la mâchoire, ou le mouvement *initial*, se fait toujours en sens inverse de ceux qui suivent. Ainsi, quand un bœuf rumine de droite à gauche, le premier coup de dent qu'il donne, pour chaque pelote, est dirigé de gauche à droite. Ce fait ne m'a paru souffrir aucune exception : quelquefois cependant, et cela arrive notamment sur les jeunes animaux, le second coup de dent se fait dans le même sens que le premier, après quoi les autres sont en sens inverse.

La rumination *unilatérale* est l'espèce la plus commune. Elle s'observe chez le bœuf, le mouton, la chèvre, le buffle, le bison, le daim, le cerf, la girafe, le chevreuil, l'antilope bubale. En voici les caractères. Lorsqu'on examine ruminer un des animaux que je viens de nommer, on voit que, pendant un temps plus ou moins long, un quart d'heure, une demi-heure, tous les mouvements se font de droite à gauche, excepté cependant le mouvement initial ou le premier coup de dent de la mastication de chaque bol. Au bout de ce temps, un peu plus, un peu moins, la rumination se suspend pendant une période dont la durée est excessivement variable. Bientôt elle recommence, ou bien avec la même direction, ou bien avec une direction opposée. De cette manière, l'animal, après avoir ruminé un certain laps de temps de droite à gauche, rumine ensuite de gauche à droite pour revenir à la direction première, et successivement. Ce n'est donc pas ordinairement pendant une période non interrompue de mastications successives que la direction des mouvements de la mâchoire change, c'est au commencement d'une des périodes suivantes. Cependant, ceci présente quelques exceptions : ainsi, il n'est pas rare de voir un animal ruminer très longtemps dans le même sens, ou bien de lui voir changer la direction des mouvements de la mastication pendant une période non interrompue. J'ai noté cette dernière particularité sur plusieurs bœufs, et particulièrement sur le bison du Jardin des plantes, qui, une fois après avoir ruminé huit à dix bols de droite à gauche, se mit subitement à ruminer en sens opposé.

Cette persistance du mouvement des mâchoires dans une direction constante est un fait très remarquable qui indique que les muscles d'un côté doivent se fatiguer plus que ceux du côté opposé, puisque les premiers n'agissent pas absolument de la même manière que les seconds. D'après cela, on conçoit bien la nécessité des

changements alternatifs dans la direction de ces mouvements, et l'on a lieu de s'étonner de ce qu'ils ne soient pas plus fréquents.

La rumination *alterne* est l'espèce la plus rare, bien qu'elle semble, *à priori*, devoir être la plus commune.

Elle est généralement *régulière* dans le dromadaire, qui, après avoir fait mouvoir une première fois sa mâchoire inférieure de droite à gauche, la fait mouvoir une seconde fois en sens inverse, c'est-à-dire de gauche à droite, et ainsi successivement, de telle sorte que le même mouvement ne se produit pas deux fois de suite, et que, dans la rumination de chaque pelote, le nombre des mouvements de droite à gauche est égal au nombre de ceux qui s'opèrent en sens opposé. Il est cependant à cet égard des exceptions. Certains dromadaires donnent six, huit et dix coups de dents d'un côté, puis autant de l'autre, et ainsi de suite.

Elle est *irrégulière* dans une espèce d'antilope chez laquelle les mâchoires se meuvent huit, dix, douze fois dans une direction, puis un certain nombre de fois dans une direction inverse, et de même pour la rumination de chaque pelote. Cette variété, très remarquable de rumination n'est peut-être pas constante chez tous les individus de la même espèce, mais je l'ai observée plusieurs fois sur l'antilope onctueuse du Sénégal que possédait le Jardin des plantes.

J'ai aussi noté souvent une rumination alterne très irrégulière sur de jeunes animaux de l'espèce bovine. C'est même une forme assez ordinaire au jeune âge et qui disparaît quand les animaux approchent de l'âge adulte.

Pendant la rumination d'une pelote, le nombre des mouvements de la mâchoire, ou, en d'autres termes, le nombre de coups de dents que donne l'animal est fort variable suivant l'espèce à laquelle il appartient, suivant son âge, son mode d'alimentation et plusieurs circonstances fort difficiles à apprécier.

Les variations de nombre relatives au régime se comprennent facilement. Il est évident que les aliments secs, comme le foin et la paille, doivent exiger une mastication plus longue et plus pénible que les substances vertes, toujours plus molles et plus faciles à broyer. C'est sans doute à cause de cette différence de nourriture, qu'Aristote (1) a prétendu que les animaux ruminent plus en hiver qu'en été. A cet égard, la plupart des physiologistes sont d'accord. Brugnone a même donné des chiffres pour exprimer ces différences : ainsi, il dit que pour les fourrages verts le nombre des coups de dents est de 30 à 33, tandis qu'il serait 45 à 55 pour les fourrages desséchés. Tout à l'heure, on verra que si ces chiffres n'expriment pas les limites extrêmes des variations, ils donnent cependant une preuve que ces dernières sont assez sensibles.

Les variations relatives aux âges tiennent aussi à une cause dont l'action n'est pas difficile à expliquer. En général, les jeunes animaux, tels que les veaux de trois à six mois, un an et même plus, donnent un très grand nombre de coups de dents pour la rumination d'un bol, attendu que leurs molaires sont moins nombreuses et moins bien disposées qu'elles ne le seront plus tard. Les animaux très vieux ont aussi quelquefois besoin de mâcher plus longtemps les substances qu'ils ruminent, si surtout leurs dents sont irrégulières et fortement usées ; mais, ordinairement,

(1) *Histoire des animaux*, liv. IX, p. 645.

les sujets de cet âge n'offrent pas une mastication beaucoup plus longue que celle des sujets adultes.

Certaines variations ne paraissent pas avoir de causes bien appréciables. Quelques unes peuvent dépendre de ce que la pelote est plus volumineuse dans un cas que dans l'autre, de ce qu'elle est composée de parcelles moins atténuées à de certains moments, plus divisées, plus ramollies à d'autres ; ou bien encore, elles peuvent, en partie, tenir aux qualités diverses des aliments, lesquelles rendent leur mastication tantôt plus, tantôt moins agréable. Quant à celles qui sont relatives aux espèces, elles sont très nombreuses ; je vais en donner une idée dans le tableau suivant. On remarquera, en parcourant celui-ci, que j'ai noté le régime des animaux (1), leur âge, quand cela était possible, et que j'ai pris le nombre de dix bols successifs afin d'avoir des moyennes comparables.

ANIMAUX.	NOMBRE DES MOUVEMENTS DES MACHOIRES POUR 10 BOLS.										TOTAL.	MOYENNE.
Bœuf (6 ans). .	44	49	48	53	50	51	50	58	49	57	509	51
Bœuf (5 ans). .	61	58	63	47	62	59	59	56	48	55	568	56
Vache (15 ans).	85	85	48	72	83	37	35	74	69	60	648	64
Bœuf (20 mois).	67	94	96	74	64	66	80	82	83	72	778	77
Veau (1 an). .	92	74	95	96	79	80	80	75	98	87	856	85
Veau (6 mois).	93	90	89	84	73	72	92	83	78	92	846	84
Bélier.	45	66	43	66	26	36	35	39	72	78	506	50
Bison.	41	42	47	43	46	44	41	45	46	43	438	43
Buffle	38	43	42	43	36	45	33	41	47	51	419	41
Dromadaire. . .	45	47	48	46	42	47	38	52	39	56	460	46
Cerf	58	63	41	41	53	47	44	50	51	47	495	49
Biche.	34	35	38	39	39	33	29	33	33	36	349	35
Gazelle.	37	35	36	35	30	40	39	33	35	40	360	36
Lama.	66	69	70	69							274	27

Ces exemples suffisent pour montrer que le nombre des mouvements des mâchoires, lors de la rumination d'un bol, est fort variable suivant l'espèce et l'âge des animaux. Ils donnent une idée des différences qui se produisent pendant une même période de rumination entre plusieurs bols successifs; mais il ne faudrait pas y attacher une grande importance, puisqu'ils varient à l'infini, pour le même animal, pris plusieurs fois dans les mêmes conditions.

La vitesse ou la lenteur avec laquelle s'opèrent les mouvements de la mastication mérycique, est, ou du moins paraît en rapport avec la lenteur ou la rapidité habituelle des autres mouvements de l'animal. Ainsi, les animaux à allures lentes comme le bœuf, le buffle, le bison, ont une mastication très lente, tandis que ceux qui sont vifs, agiles, ont cette mastication très rapide, comme les cerfs, les gazelles, les chèvres. Le mouton, cependant, a aussi, comme ces derniers, une rumination assez rapide. S'il fallait faire une échelle graduée pour représenter les différentes nuances de lenteur ou de vitesse de ces mouvements, le buffle serait à une extrémité pour la première, et la gazelle à l'autre pour la seconde.

(1) Ils étaient tous nourris avec des fourrages secs.

La vitesse de cette mastication varie aussi suivant les âges. Tous les jeunes animaux ruminent très vite, et d'autant plus, qu'ils sont plus jeunes. Les animaux adultes ou vieux, ceux qui sont mous, affaiblis, ou un peu malades, ruminent plus lentement.

Elle n'est pas la même au commencement et à la fin de la rumination d'un bol. Lorsque l'animal commence à ruminer, et pendant les trois quarts de la durée de la mastication, la vitesse est uniforme, mais sur la fin elle s'accélère beaucoup, et d'autant plus, que la mastication est plus rapprochée de son terme. Ce fait constant ne présente d'exception que quand l'animal est obligé d'avaler la pelote avant l'instant où elle aurait été déglutie, si rien n'avait troublé la rumination.

Je n'ai pas remarqué que la mastication est plus rapide quand l'animal rumine des aliments tendres et sapides, que quand il rumine des aliments durs et peu agréables, comme la paille ; néanmoins plusieurs auteurs ont dit qu'il existait à cet égard de sensibles différences. Peut-être en est-il ainsi, mais la chose me paraît assez difficile à constater ; il faudrait, pour cela, expérimenter sur le même animal auquel on ferait manger successivement, et à quelques semaines d'intervalle, du foin, de la paille et de l'herbe verte.

Le tableau suivant indique le temps nécessaire pour la rumination d'un bol, et par conséquent la vitesse de la mastication mérycique. L'animal d'après lequel il a été fait était un taureau d'un an, nourri au foin sec.

NOMBRE des mouvements des mâchoires.	TEMPS de la mastication.	NOMBRE des mouvements des mâchoires.	TEMPS de la mastication.
	Secondes.		Secondes.
67	57	64	50
94	72	73	58
96	77	64	50
74	60	45	38
66	50	43	36
64	50	57	45
80	60	38	30
82	66	50	45
83	67	73	65
72	57	79	70
81	65	53	47

La mastication d'un bol, ordinairement continue, est cependant assez souvent interrompue lorsque quelque chose vient troubler l'animal ou attirer son attention. Alors il suspend brusquement le mouvement des mâchoires, tout en conservant les aliments dans la bouche, pour continuer à les ruminer un instant après. Cette suspension est très courte et très souvent répétée, lorsque le ruminant est tourmenté par les mouches ; elle est plus prolongée dans un grand nombre d'autres circonstances.

Ce qu'il y a de très remarquable, lorsque ces suspensions momentanées s'observent, c'est que la mastication, une ou plusieurs fois interrompue, n'est ni plus ni

moins complète que celle qui a été continuée régulièrement. Dans les deux cas, la moyenne des coups de dents est sensiblement la même; mais si, après que la mastication d'un bol a été suspendue momentanément, l'animal se trouve dans l'impossibilité de la continuer, il fait quelques mouvements très rapides de déglutition pour envoyer à l'estomac ce qu'il avait conservé un certain temps dans la bouche : c'est ce qu'on observe fréquemment sur les bœufs qui conduisent la charrue ou qui sont employés aux transports.

§ III. — De l'insalivation mérycique.

M. Flourens avait remarqué, dans ses expériences, qu'il descend vers l'estomac, pendant les intervalles du repas et de la rumination, des quantités considérables de salive ; de plus, il avait vu que, dès que cette salive n'arrive plus à sa destination, les matières contenues dans l'estomac deviennent sèches, compactes, et ne peuvent plus être ruminées. Ces observations sont très exactes. J'ai établi deux fistules parotidiennes à de grands ruminants, de manière à laisser la salive des maxillaires, des sublinguales et des autres glandules, suivre son cours ordinaire. Ces animaux ont continué, dans les deux ou trois premiers jours, à bien manger; mais, dès les premiers moments, les périodes de rumination étaient courtes et ne se reproduisaient qu'à de rares intervalles ; bientôt la fonction s'exécutait avec peine : on voyait l'animal faire de violents efforts du côté de l'abdomen pour aider à la réjection ; les matières alimentaires remontaient lentement dans l'œsophage, et il s'écoulait un temps de plus en plus long entre la descente d'un bol et le retour d'un bol nouveau ; enfin, dès le troisième jour, malgré les efforts violents de la bête pour ruminer, la rumination devenait impossible. A l'autopsie, je trouvai le foin desséché dans la panse et dans le feuillet; il était tellement tassé et durci, qu'il formait des masses moulées dans les divers compartiments de ces estomacs.

Ainsi, il suffit que la salive des parotides seulement ne coule pas dans la bouche pour que les animaux, bien qu'ils reçoivent de l'eau à discrétion, finissent bientôt par se trouver dans l'impossibilité de ruminer. On conçoit, d'après cela, l'utilité de ce courant continu de salive qui se dirige vers l'estomac lors de l'abstinence.

L'insalivation des matières ramenées à la bouche exige encore un travail considérable de la part des glandes salivaires. Elle a cela de très remarquable, comme nous l'avons vu déjà, qu'elle s'effectue principalement par les parotides qui versent sur les aliments jusqu'à 900 grammes de salive en un quart d'heure : alors les maxillaires, dont la sécrétion était si abondante pendant le repas, sont inactives ou ne versent que des quantités fort minimes de liquide.

La salive sécrétée lors de la deuxième mastication et celle qui coule pendant l'abstinence ne servent pas seulement à la rumination, elles ont encore une autre destination que nous rechercherons plus tard. Notons ici que la salive de l'abstinence n'arrive pas entièrement au réseau et au vestibule cardiaque du rumen ; elle suit en partie le demi-canal œsophagien et arrive directement dans le feuillet : c'est elle qui rend la face interne des lèvres de la gouttière toujours humides et visqueuses. Il est facile de s'assurer de ces faits sur l'animal vivant, par les moyens précédemment indiqués.

§ IV. — De la déglutition mérycique.

Pendant la seconde mastication, les aliments, réduits en une bouillie fine, sont imprégnés d'une énorme quantité de liquide qui rend leur déglutition définitive très facile : aussi cette dernière s'opère-t-elle avec une grande rapidité.

Cette seconde déglutition a-t-elle lieu en une seule fois ou à plusieurs reprises?

Lorsqu'on examine un animal qui rumine, on remarque qu'immédiatement après l'arrivée d'un bol à la bouche, il se passe, sur le trajet de l'œsophage, un mouvement d'ondulation analogue à celui qui accompagne ce bol lors de son renvoi à l'estomac ; seulement, ce premier mouvement est infiniment plus faible, à tel point qu'il est parfois presque inappréciable ; mais, généralement, il est visible et susceptible d'être senti par la main ; de plus, si l'on porte l'oreille sur le trajet de l'œsophage, on entend très distinctement passer des ondées de liquide. Ce n'est donc pas une partie de la pelote qui est renvoyée à ce premier moment, puisqu'elle n'a pas encore subi sa nouvelle trituration.

Au bout de quelques instants, alors que l'animal a déjà donné dix, quinze, vingt coups de dents au plus, un nouveau mouvement d'ondulation se fait remarquer, lequel peut être suivi, après un certain temps, d'un second et même d'un troisième mouvement semblable au premier. Cette fois, l'ondulation est-elle l'indice d'une déglutition partielle d'aliments très divisés ou bien d'une nouvelle déglutition de liquide? L'auscultation semble indiquer que ce n'est ni l'une ni l'autre. En effet, l'oreille, appliquée sur le trajet de l'œsophage pendant le temps qui sépare l'arrivée d'un bol dans la cavité buccale de son retour à l'estomac, perçoit un bruit plus ou moins fort, accompagné d'une dilatation de l'œsophage. Ce bruit, comparable à une éructation, monte d'abord de la partie inférieure vers la partie supérieure du cou, puis il redescend assez brusquement. Il est probable qu'il est dû à des gaz et peut-être à des liquides qui s'engagent dans l'œsophage et sont repoussés vers l'estomac dès qu'ils arrivent vers le pharynx. Quoi qu'il en soit, ces mouvements se produisent toujours chez le bœuf dans le temps qui sépare la réjection d'une pelote de sa déglutition ; ils se remarquent aussi chez les autres ruminants et notamment les cerfs ; dans tous les cas, ils ne coïncident nullement avec des interruptions de la mastication mérycique : celle-ci continue toujours avec la même rapidité pendant qu'ils s'effectuent.

Quant à la déglutition proprement dite du bol ruminé, celle-ci s'opère comme la première et avec une grande rapidité, aussitôt que la mastication du bol est achevée. Chez quelques animaux, elle est accompagnée d'un bruit de glou-glou assez prononcé et semblable à celui qui se fait entendre plus souvent encore lors de la réjection.

Presque aussitôt après qu'on a vu descendre le bol dans l'œsophage, on aperçoit un bol nouveau qui remonte vers la bouche avec une extrême rapidité, de sorte que le temps qui s'écoule entre la déglutition du premier et la réjection du suivant est égal à quelques secondes. J'ai cherché un assez grand nombre de fois à le déterminer exactement, et j'ai pu voir qu'en moyenne il est de quatre à cinq secondes.

Et cependant il faut que, dans ce court espace, le bol ruminé descende depuis la

bouche jusqu'à l'estomac, et qu'un bol nouveau se forme, soit saisi et parcoure encore tout le trajet de l'œsophage. Il suffit donc à peu près d'une seconde et demie pour chacune de ces trois opérations successives : descente du bol ruminé, formation d'une pelote nouvelle et ascension de cette dernière jusqu'à la cavité buccale.

Cette vitesse presque électrique que possèdent les matières alimentaires dans leurs pérégrinations *mérycicques* s'explique en partie par la grande dilatabilité de l'œsophage des ruminants, et par l'état de dilution dans lequel se trouvent les aliments ; car, sans cette dernière circonstance, il serait bien difficile de comprendre que la pelote pût se mouvoir avec tant de rapidité. Or, je crois avoir démontré, par l'auscultation œsophagienne, que les aliments ramenés à la bouche sont accompagnés d'une certaine quantité d'eau. Il en est de même de ceux qui descendent et qui produisent aussi un bruit de liquide particulier un peu différent du premier. L'eau qui circule ainsi avec les aliments doit faciliter beaucoup leur progression qui, sans cela, n'eût pas été aussi prompte.

§ V. — Des conditions dans lesquelles la rumination s'établit, et de la physionomie de l'animal qui rumine.

La rumination ne peut s'établir et se continuer qu'autant que l'estomac contient une grande quantité d'aliments. Dès l'instant que les réservoirs gastriques ne sont plus suffisamment distendus et lestés, cette fonction devient impossible; les parois de ces viscères sont flasques et sans ressort, les muscles abdominaux ne peuvent plus s'affaisser assez pour servir d'auxiliaires efficaces à la réjection du bol ; en un mot, l'animal est exposé à mourir de faim, si une nouvelle dose d'aliments ne vient s'ajouter à la première qui reste en dépôt. Cet état de plénitude des réservoirs gastriques est donc la première des conditions qui rendent la rumination possible.

Mais si la panse doit être modérément remplie pour que l'animal puisse ruminer, il ne faut pas qu'elle soit trop distendue, ni surchargée. Dans ce dernier cas, ses parois, affaiblies et plus ou moins paralysées par le fait de leur tension, ne peuvent plus suffisamment réagir sur les aliments, et l'animal éprouve, pour ruminer, peut-être plus de difficulté que dans les circonstances opposées.

Aussitôt que le ruminant a mangé le fourrage qu'on lui a donné, si sa faim n'est pas apaisée ou s'il attend encore quelque chose, il s'agite, regarde autour de lui, tourne la tête dans toutes les directions, et ne se décide à ruminer qu'après avoir obtenu tout ce qu'il pouvait espérer. De même, il ne rumine pas avant de s'être abreuvé, à moins que son repas n'ait été composé de fourrages verts ou de racines aqueuses. Ramené à l'étable, il reste ordinairement un certain temps debout, ramasse les brins de fourrage qui restent dans le râtelier ou qui sont tombés sur sa litière, flaire ses voisins et finit par se coucher.

La position qu'il prend en se couchant est à peu près toujours la même : c'est le décubitus commun à tous les ruminants, c'est-à-dire celui dans lequel le corps, légèrement penché d'un côté, repose autant sur la poitrine que sur le ventre, les membres antérieurs étant fléchis et repliés sous le poitrail, les postérieurs portés en avant et dégagés en partie de dessous l'abdomen. Certains d'entre eux se couchent

plus souvent sur un côté que sur l'autre ; mais l'imitation ne paraît pas avoir d'influence sur cette habitude, car on voit des animaux, voisins dans une étable, se coucher tantôt en se tournant l'un vers l'autre, tantôt, au contraire, en se tournant le dos. D'après ce fait, on est porté à penser que la rumination n'est pas plus facile quand l'animal est couché sur le côté droit que quand il repose sur le côté gauche, en comprimant plus fortement le rumen.

A peine le ruminant est-il couché qu'il pousse des soupirs et éprouve des éructations plus ou moins bruyantes; parfois même il paraît très gêné et presque malade, mais bientôt ce malaise apparent se dissipe, et la rumination s'établit.

Si l'animal est à l'écurie ou dans un lieu écarté, il reste en repos et rumine sans interruption, une demi-heure, une heure et plus, puis il fait une pause plus ou moins prolongée, et bientôt il recommence à ruminer pendant un temps variable, au bout duquel se renouvelle une suspension momentanée, et ainsi de suite. Enfin il arrive un moment où la fatigue s'empare du ruminant : celui-ci promène sa langue sur ses lèvres, la fait pénétrer dans ses naseaux, étend la tête en l'appuyant sur le sol, ou bien la replie de côté pour la porter vers sa poitrine et s'endormir. Si, au contraire, il n'est pas fatigué, ou s'il n'a pas suffisamment ruminé, il se relève, porte les regards en différents sens, reste un certain temps comme dans une vague inquiétude, et se remet à ruminer, soit en restant debout, soit après s'être recouché.

S'il est au pâturage, il se dirige de préférence vers les arbres, près des haies pour y trouver de l'ombre et de la fraîcheur, ou bien il reste indifféremment dans le premier endroit venu quand la chaleur n'est pas forte. Là, aussi bien qu'à l'étable, il se couche très souvent, et porte la tête alternativement à droite et à gauche pour s'assurer s'il n'a rien à craindre et si aucun ennemi ne vient troubler sa tranquillité. Il donne des coups de tête dans tous les sens pour se débarrasser des mouches, quand il en est inquiété, sans que pour cela il cesse de ruminer. Toutefois, dans ce cas, la mastication de chaque pelote est comme saccadée et entrecoupée d'un très grand nombre de temps d'arrêt.

S'il est attelé à la charrue ou à une voiture peu chargée, s'il marche lentement et n'est pas obligé à des efforts bien considérables, il se met aussi quelquefois à ruminer, ainsi que Girard en a fait la remarque. J'ai vu aussi un grand nombre de fois des bœufs qui ruminaient en labourant, mais c'étaient des animaux très forts et habitués aux travaux pénibles. Ceux qui sont jeunes, ou trop faibles, ou fatigués ne ruminent jamais dans ces circonstances. Du reste, aussitôt que les bœufs employés au labour sont arrêtés au bout du sillon, ils se mettent à ruminer, pour peu que leur repos dure quelques instants, et ils cessent en reprenant leur marche.

Enfin, quel que soit leur état, les animaux qui ruminent paraissent éprouver un sentiment de bien-être et de tranquillité tout particulier ; mais la moindre cause vient momentanément troubler cette situation.

§ VI. — Des causes qui suspendent momentanément la rumination ou qui l'empêchent de s'établir.

Les animaux ruminants sont, comme on le sait, en général très timides et très faciles à effrayer : aussi les causes les plus légères sont-elles susceptibles de troubler leur rumination.

Dès l'instant que quelque chose attire l'attention de l'animal, il cesse brusquement de ruminer : s'il est couché, il se relève ; s'il est debout, il fixe l'objet qui l'effraie et bientôt se met en fuite ; le moindre bruit, la chute d'un corps, la vue d'un objet auquel il n'est pas accoutumé suffisent pour cela. Mais tous les animaux de cet ordre ne sont pas également impressionnables, tous ne sont pas timides au même degré. Les ruminants sauvages qui se sont familiarisés avec le bruit et la présence de l'homme, tels que les cerfs, les antilopes, les gazelles, sont encore infiniment plus impressionnables que nos ruminants domestiques, comme les moutons et les chèvres. Cependant il en est quelques uns qui restent presque impassibles au milieu des circonstances qui mettraient en émoi les plus timides. Ainsi nous avons tous vu, à l'École d'Alfort, un dromadaire qui ruminait, quoique entouré et inquiété par un grand nombre de personnes.

Parmi les nombreuses causes qui amènent la suspension de la rumination, se placent en première ligne les maladies qui débutent, même les plus légères. Les anciens avaient fait cette remarque, et Columelle l'exprime en disant qu'un animal est malade toutes les fois que la rumination est suspendue. Sous ce rapport, cette fonction est bien un moyen de précision, une sorte d'instrument qui donne, comme le fait le thermomètre pour la température, des indications plus ou moins exactes sur l'état de l'animal, bien qu'elles soient quelquefois trompeuses. L'excès, la surcharge d'aliments, la présence des gaz dans l'estomac, l'ingestion de plantes vénéneuses ou narcotiques sont encore des causes susceptibles de suspendre plus ou moins longtemps la rumination. Il en est une foule d'autres dont l'action n'est généralement que momentanée : les marches forcées, l'extrême fatigue, le travail auquel on soumet les jeunes animaux, les époques du rut ou des chaleurs pour les femelles, l'inquiétude qu'éprouvent les mères séparées de leurs petits, les souffrances de toute espèce, les opérations chirurgicales, etc.

Quelles que soient, du reste, les causes qui amènent la suspension de la rumination, cette suspension, dès qu'elle s'est prolongée un certain temps, devient elle-même un obstacle au rétablissement de la fonction. Les aliments de l'estomac se tassent, se dessèchent et se durcissent ; ceux du feuillet forment des tablettes dont les lames du réservoir ne peuvent plus se débarrasser qu'avec difficulté ; la muqueuse des premiers estomacs, quoique peu sensible, finit par s'irriter ; la membrane charnue perd son ressort par le fait de sa propre inertie, de sorte, qu'en définitive, la désobstruction du viscère ne peut, par la suite, s'effectuer qu'avec peine et avec une extrême lenteur.

CHAPITRE XXVII.

DU VOMISSEMENT.

On donne le nom de vomissement à la réjection convulsive des matières contenues dans l'estomac.

Cette réjection a été considérée, dans certaines circonstances, comme un acte

normal ou physiologique, et dans d'autres comme un phénomène morbide ou anormal. Conservons cette distinction en nous rappelant que, dans aucun cas, le vomissement n'est tout à fait physiologique, puisqu'il s'accompagne toujours d'un trouble plus ou moins profond dans les fonctions digestives.

Le vomissement ne se produit pas, à beaucoup près, dans tous les animaux. Il en est qui vomissent facilement : ce sont les carnassiers et un grand nombre d'omnivores ; il en est d'autres, au contraire, qui ne vomissent point ou ne vomissent que très rarement et avec une extrême difficulté : ce sont les herbivores monogastriques et les ruminants. Cette différence tient à deux causes principales : la conformation de l'estomac et l'état des aliments qu'il renferme.

Chez les mammifères qui vomissent, l'estomac est simple, l'œsophage s'insère loin du pylore, vers l'extrémité gauche du viscère ; ce canal a des parois minces, souples, et une dilatation infundibuliforme à sa terminaison. Chez ceux qui ne vomissent pas, l'estomac est simple ou à plusieurs compartiments, le cardia est peu éloigné du pylore, l'œsophage a des parois très épaisses vers son orifice qui est sans dilatation et constamment resserré ; de plus, le viscère se trouve, en ce qui concerne certains d'entre eux, les ruminants, par exemple, dans des conditions exceptionnelles que nous indiquerons plus tard.

Les animaux qui vomissent, c'est-à-dire les carnassiers et les omnivores, remplissent leur estomac de substances qui, en général, sont molles, humectées, glissantes et souvent très divisées, lesquelles soumises à une forte pression s'échappent facilement à travers un cardia dilatable et un large œsophage. Les herbivores qui ne vomissent point ont l'estomac rempli de fourrages souvent mal divisés, peu imprégnés de liquides et comme feutrés les uns avec les autres. Lorsque ces matières sont soumises à une compression énergique, elles se tassent, les liquides qui les imprègnent s'échappent en partie dans l'intestin par un pylore ordinairement très large, et, par le fait de leur extrême compressibilité, la plus grande partie de la force qui tend à les expulser se perd à réduire leur volume ; enfin, si quelques parties, une fois détachées de la masse, parviennent à s'engager dans l'œsophage, elles ne peuvent s'y mouvoir qu'avec une extrême lenteur. En somme, chez les premiers, tout est disposé pour rendre le vomissement possible, et même jusqu'à un certain point facile, tandis que chez les seconds, tout concourt à mettre obstacle à l'accomplissement de cet acte.

Le vomissement s'effectue par suite d'une impression nerveuse spéciale appelée la *nausée*, et par l'action combinée de l'estomac, de l'œsophage, du diaphragme et des muscles abdominaux.

La nausée est une sensation interne, spéciale, qui devient le point de départ des efforts de vomissement. Elle dérive d'une infinité de causes directes ou sympathiques, parmi lesquelles se trouvent l'extrême plénitude, la surcharge de l'estomac, la présence, dans ce viscère, d'aliments indigestes, de substances irritantes, l'introduction dans les voies de la circulation de médicaments connus sous le nom d'*émétiques*, le rétrécissement du pylore, le pincement, l'étranglement de l'intestin, le volvulus, les hernies, etc. Diverses causes sympathiques relatives à l'imagination provoquent la nausée chez l'homme, mais elles ne paraissent pas avoir une action semblable chez les animaux.

Le point de départ et la nature de cette sensation restent indéterminés.

Pour exposer avec clarté le mécanisme du vomissement, examinons-le successivement dans les carnivores, les solipèdes et les ruminants.

I. DU VOMISSEMENT DES CARNIVORES.

Bien que le vomissement paraisse un acte extrêmement simple, il ne peut s'effectuer que par le concours de l'estomac, de l'œsophage, du diaphragme et des muscles abdominaux. Mais la part de ces divers agents n'est pas la même, et c'est sur sa détermination que se sont élevées, depuis longtemps, de profondes dissidences parmi les physiologistes. Les uns ont regardé le vomissement comme le résultat d'une simple action de l'estomac; les autres comme l'effet d'une pression énergique exercée sur ce viscère par le diaphragme et les muscles de l'abdomen ; enfin, quelques uns plus sages l'ont attribué à l'intervention combinée de toutes ces parties : chacune de ces théories est ancienne ; chacune a eu tour à tour des défenseurs et des adversaires.

Les anciens physiologistes, avant qu'on eût l'idée de faire aucune expérience sur le vomissement, attribuaient cet acte aux contractions énergiques et convulsives de l'estomac. Déjà, vers la fin du XVII[e] siècle, Wepfer, cherchant à s'éclairer par le secours des vivisections, avait appuyé cette opinion sur ce qu'il avait observé les contractions de la tunique charnue de l'estomac, et vu ce réservoir se débarrasser de son contenu, bien qu'il fût soustrait à la pression des parois abdominales. Perrault, à la même époque, partageait ce sentiment, parce qu'il avait vu le vomissement après la division du diaphragme et des parois abdominales. Haller qui avait reconnu les contractions du viscère sur des animaux pendant les efforts de vomissement, et constaté même « des secousses subites et violentes dans lesquelles la paroi antérieure de l'estomac s'approchait de la postérieure (1), » Haller défendit l'ancienne doctrine, il rapporta le phénomène dont nous parlons à la contraction antipéristaltique, c'est-à-dire à celle qui s'effectue du pylore vers le cardia ; néanmoins, comme le fait remarquer M. Bérard, il ne nia point, d'une manière absolue, la participation du diaphragme et des muscles de l'abdomen. Il n'est plus nécessaire, depuis longtemps, de réfuter cette première explication qui repose sur des données vagues, des assertions peu exactes et des faits mal interprétés. D'une part, les contractions de l'estomac ne sont ni assez brusques ni assez énergiques pour déterminer, à elles seules, la réjection d'une grande partie des matières qu'il contient; et, d'autre part, toutes les expériences démontrent que le diaphragme et les muscles abdominaux sont indispensables à l'accomplissement régulier du phénomène.

Avant que cette première théorie du vomissement fût appuyée sur quelques faits, elle trouva des adversaires qui sentirent bien que, pour la repousser, il fallait recourir à l'expérimentation directe.

Chirac (2) fut, dit-on, le premier qui mit en doute la réalité des contractions de l'estomac et reconnut la participation du diaphragme et des muscles de l'abdomen la production du vomissement. Après avoir fait avaler à un chien du sublimé cor-

(1) *Mémoire sur la nature sensible et irritable*, t. I, p. 308.
(2) 1686.

rosif, il fit une incision longitudinale à l'abdomen et mit l'estomac à découvert. Le mouvement du viscère lui parut *très peu sensible*, quoique les nausées continuassent. L'expérimentateur fit rentrer l'estomac dans la cavité abdominale, ferma la plaie par une suture, en laissant seulement une petite ouverture par laquelle le doigt pouvait explorer l'estomac : alors, il ne sentit aucune contraction des fibres du viscère ; seulement, il s'assura que cet organe était comprimé par le diaphragme et les muscles abdominaux. Il conclut de cette expérience que le vomissement n'est pas le résultat de la contraction du ventricule.

A peu près à la même époque, Bayle (1) faisait de semblables tentatives. Après avoir administré du sublimé à un chien et provoqué des nausées, il fit au niveau de l'estomac du carnivore une petite plaie dans laquelle il engagea le doigt, mais il ne sentit aucune contraction de la part du viscère. Alors, ouvrant l'abdomen, il vit le vomissement cesser ; et il le vit reparaître aussitôt qu'une suture fut faite à la plaie des parois abdominales.

Plusieurs observateurs vinrent apporter des preuves à l'appui de cette opinion. Van Swieten (2) remarqua que l'irritation directe de l'estomac ne suffit pas pour faire vomir, et que, dans le vomissement, les contractions antipéristaltiques sont lentes et insensibles. Schwartz rappela que l'estomac hors du ventre ne peut plus se vider, que, dans ce cas, le vomissement vient à s'opérer par une simple pression de la main sur le viscère, et qu'enfin, dans les circonstances normales, cet acte s'effectue pendant l'intervalle très court qui sépare l'inspiration de l'expiration, par la seule action du diaphragme et des muscles abdominaux.

La théorie du vomissement par la seule action du diaphragme et des muscles abdominaux n'était pas suffisamment étayée et se trouvait, d'ailleurs, sapée par des observations contradictoires, quand M. Magendie vint lui donner des preuves dont l'évidence et la valeur ne paraissaient pas contestables.

M. Magendie (3) fit sur le chien une série d'expériences qui permettent de bien apprécier le rôle de chacun des agents qui contribuent au vomissement : elles jouissent de trop de célébrité pour que nous ne les rapportions pas sommairement.

A un premier chien, on donne de l'émétique, et aussitôt que les nausées se produisent, on fait une petite incision à la ligne blanche. Par cette ouverture, le doigt introduit dans la cavité abdominale ne sent pas les contractions de l'estomac qui se remplit d'air, mais il permet de juger de la forte pression opérée sur le viscère par le diaphragme et les muscles abdominaux. L'incision étant agrandie, on voit très distinctement l'estomac doubler ou tripler de volume, mais on n'observe pas la moindre contraction de ses fibres ; le vomissement continue, car la main de l'expérimentateur s'oppose à la sortie du réservoir à travers l'ouverture. Ainsi, pendant les efforts de vomissement, le ventricule se distend par l'air que l'animal déglutit, il éprouve une forte compression de la part du diaphragme et des muscles abdominaux, mais il ne paraît pas lui-même se contracter sensiblement.

(1) Portal dit que Bayle rapporte ces expériences dans les *Dissert. physicæ*, 1677-1681 (*Mémoires du Muséum*, t. IV, p. 395).
(2) Cité par M. Bérard, t. II, 250.
(3) *Mémoire sur le vomissement*, lu à l'Institut le 28 janvier 1813. Paris.

A un deuxième chien, on injecte quatre grains d'émétique dans la jugulaire. Dès que les nausées se manifestent, les parois abdominales sont incisées et l'estomac tiré hors de la plaie ; les efforts continuent et deviennent très violents, mais l'animal ne vomit point, et le viscère reste complétement immobile. Alors, par une pression forte et soutenue, exercée sur les deux faces de l'estomac, on détermine l'expulsion de son contenu. Donc le vomissement n'est pas possible lorsque l'estomac est soustrait à l'action du diaphragme et des muscles de l'abdomen.

Dans une troisième expérience, M. Magendie veut apprécier le rôle du diaphragme. Il fait la section des nerfs phréniques, qui paralysent en grande partie ce muscle, puis il injecte de l'émétique dans les veines. Les nausées surviennent, mais le vomissement qui a lieu alors est faible et incomplet. La réjection continue à s'effectuer par le secours des muscles abdominaux et aussi un peu par le diaphragme, qui conserve encore quelque contractilité sous l'influence des filets nerveux provenant des paires dorsales.

Dans une quatrième expérience, les muscles abdominaux sont détachés ; on ne laisse que la ligne blanche et le péritoine, puis on injecte de l'émétique dans les veines, et le vomissement s'effectue par la seule action du diaphragme. Dans une cinquième expérience, le diaphragme est paralysé par la section des nerfs phréniques, et les muscles abdominaux sont enlevés. L'émétique injecté dans les veines détermine encore quelques nausées, mais le vomissement devient impossible.

Enfin, pour montrer que l'estomac n'est pas le point de départ des efforts de vomissement, et que cet acte s'effectue sans la participation de la tunique charnue du viscère, M. Magendie lie les vaisseaux gastriques à un chien, enlève l'estomac et administre l'émétique : les nausées se manifestent et les efforts se produisent comme dans les circonstances ordinaires. Sur un dernier, il lie les vaisseaux, enlève le ventricule et adapte à l'extrémité inférieure de l'œsophage, à l'aide d'une petite canule, une vessie de cochon pleine d'eau tiède. Après l'injection de l'émétique, les nausées apparaissent, et le vomissement se fait ; mais cette expérience aurait pu, sans inconvénient, manquer à la série des précédentes.

De tout cela, M. Magendie conclut que l'estomac est à peu près passif dans le vomissement, et que cet acte résulte de la pression opérée sur le viscère par le diaphragme et les muscles abdominaux. Il cite à l'appui de ses déductions des faits dans lesquels l'estomac squirrheux et inapte à se contracter a laissé le vomissement aussi facile que dans les circonstances ordinaires.

La doctrine de la passivité de l'estomac, dans l'acte du vomissement, établie successivement sur les expériences de Chirac, de Bayle, de Schwartz, et sur celles si séduisantes de M. Magendie, est loin d'être inattaquable. Beaucoup d'objections lui ont été opposées à différentes époques, et il en reste encore quelques unes à lui faire.

Lieutaud (1) prétendit que si le vomissement dérivait de l'action du diaphragme et des muscles abdominaux, il devrait être volontaire ; il avança que si ce phénomène avait lieu par l'effet de la contraction du diaphragme, le muscle comprimerait l'œsophage et s'opposerait conséquemment au passage des matières chassées de l'es-

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1752, p. 45 et 223.

tomac ; enfin il cita à l'appui de ses objections le fait d'un hydropique qui avait eu des envies de vomir, et qui n'avait point vomi parce qu'il avait l'estomac paralysé. Haller (1) reproduisit le premier de ces arguments. « Chirac aurait pu se rappeler, dit-il, quand il donna les muscles abdominaux pour les agents du vomissement, que ces muscles sont sujets à la volonté, et que le vomissement le serait de même s'il dépendait d'eux. » Divers auteurs plus modernes, M. Bourdon, entre autres, prétendirent que le vomissement ne devait pas être seulement le résultat de la pression du diaphragme et des parois abdominales, puisque cet acte n'avait pu s'effectuer, après les plus grands efforts, lorsque la membrane charnue de l'estomac avait été désorganisée par le cancer ou le squirrhe.

Tous ces arguments ont été déjà réduits à leur juste valeur. La contraction du diaphragme et des muscles abdominaux ne détermine pas le vomissement lorsqu'elle a lieu volontairement, parce qu'elle n'a point l'énergie et le caractère convulsif qu'elle acquiert lors de la nausée ; cette contraction ne le provoque pas dans cette circonstance, parce qu'elle n'est ni accompagnée des mouvements de l'œsophage, ni en rapport avec l'état dans lequel se trouve l'estomac pendant le vomissement. La prétendue compression qui serait exercée sur l'œsophage, lors de la contraction du diaphragme, est une fiction, comme Schwartz en avait fait l'observation facile à vérifier. L'impossibilité du vomissement, quand les parois de l'estomac sont devenues squirrheuses et inaptes à se contracter, n'est pas un fait constant ; elle peut, du reste, recevoir diverses interprétations sur lesquelles je ne dois pas m'arrêter.

Mais de ce que les arguments invoqués contre la doctrine de la passivité de l'estomac ne sont pas de nature à l'infirmer, il ne faudrait pas la croire tout à fait vraie et repousser complétement la théorie ancienne.

D'abord cette passivité, cette non-participation de l'estomac à l'acte du vomissement est-elle bien établie, bien démontrée ? C'est ce qui paraît douteux. Je vois, comme beaucoup d'autres, que l'action du diaphragme et des muscles abdominaux est la puissance principale du vomissement ; que, sans elle, celui-ci devient impossible ; mais la démonstration de ce fait prouve que l'action de l'estomac n'est pas assez énergique pour suffire seule à l'accomplissement de la réjection, et encore elle le prouve par les expériences dans lesquelles le viscère, déplacé et privé de l'appui des parois abdominales, ne peut plus se contracter comme à l'état normal. On dit que les contractions du viscère ne sont pas bien perceptibles à l'aide du doigt introduit dans la cavité abdominale, et qu'elles ne sont pas très apparentes lorsque l'organe est mis à nu ; mais, dans le premier cas, peut-on bien les distinguer des mouvements oscillatoires imprimés par le diaphragme et par les secousses des muscles de l'abdomen : cependant, presque tous les expérimentateurs les ont vues, et M. Magendie lui-même convient qu'elles sont souvent appréciables. Or, reconnaître l'existence de ces contractions, n'est-ce pas implicitement avouer l'activité du viscère dans le vomissement?

D'ailleurs, est-ce en substituant à l'estomac une vessie de cochon pleine d'eau tiède qu'on prouve la passivité du ventricule ? Ne faut-il pas que la vessie pleine d'eau tiède et comprimée se vide par la seule ouverture qui s'abouche avec l'œso-

(1) *Mémoires sur la nature sensible*, etc., sect. XV, t. I, p. 296.

phage au moyen d'un tube béant? Pour la faire se vider, l'émétique et les efforts de vomissement ne sont pas indispensables ; la seule pression qu'elle éprouve dans l'abdomen et même une simple attitude dans laquelle le train postérieur de l'animal se trouve en l'air, déterminent l'évacuation de son contenu. Que prouve, de plus, le côlon qu'on a eu l'idée, par manière de perfectionnement, de substituer à la vessie, dont les parois peuvent se tordre ou se chiffonner? Je voudrais bien voir ce qui arriverait si, au lieu d'eau tiède, on mettait dans ces estomacs travestis de la pâte ou des morceaux de chair, fussent-ils vingt fois plus petits que ceux que le chien avale si aisément et qu'il vomit sans trop de difficultés.

Enfin cette hypothèse de la passivité n'a-t-elle pas contre elle le résultat de diverses expériences qu'il faut bien, après tout, compter pour quelque chose? Wepfer, Perrault, n'ont-ils pas vu le vomissement continuer encore après l'ouverture de l'abdomen? Portal n'a-t-il pas constaté que les chiens auxquels on avait donné de l'émétique et de la noix vomique continuaient à vomir après l'ablation des muscles droits, obliques et transverses de l'abdomen; et Maingault n'a-t-il pas obtenu maintes fois les mêmes résultats? Je veux bien que certains de ces faits n'aient pas une grande portée, et qu'on doive attribuer le vomissement, dans ces circonstances, à la pression du diaphragme; mais, au moins, ils donnent une présomption en faveur de l'activité du viscère. La vérité est en partie dans la première et en partie dans la seconde théorie : il faut, pour la reconnaître, chercher à apprécier la part que prennent au vomissement l'estomac, l'œsophage, le diaphragme et les muscles abdominaux, car tous ces organes concourent à l'accomplissement du phénomène.

L'estomac n'est point passif lors du vomissement, mais sa participation n'est pas telle que le supposaient Wepfer, Perrault, Haller et d'autres encore. Ses contractions ne sont jamais fortes, brusques, saccadées, rapides, comme le croyaient ces auteurs, et, sur ce point, tous les expérimentateurs sont d'accord. En effet, lorsque l'estomac d'un animal vivant est mis à découvert, qu'il y ait ou non digestion, plénitude ou vacuité du viscère, on le voit à peine se mouvoir, tandis que l'intestin se contracte énergiquement et avec une certaine rapidité. Le contact de l'air, le pincement de ses parois, l'action des caustiques ne rendent pas ses mouvements beaucoup plus sensibles : voilà pourquoi il a été si facile de les nier, et pourquoi ils ont pu passer inaperçus aux yeux de plus d'un observateur habile. Il est évident que cet organe doit se contracter; car, s'il ne possédait cette faculté, à quoi servirait sa tunique musculaire? Il se contracte aussi : Haller l'a vu, et M. Magendie en convient lui-même en plusieurs endroits de ses écrits. Il se contracte même encore sensiblement après la section des nerfs pneumo-gastriques, comme je m'en suis assuré plusieurs fois sur des animaux tués depuis quelques minutes. Pour bien voir ses mouvements, il faut, immédiatement après la mort, enlever l'estomac de la cavité abdominale et le laisser, au contact de l'air, sur un corps un peu froid. On constate alors qu'il se produit des ondes à sa surface, c'est-à-dire une série d'étranglements et de dilatations très marqués, surtout vers le pylore, vers le cardia, et dans la région moyenne du viscère. L'œsophage prend part à ces contractions; il se rétracte et se relâche alternativement, suivant le sens de sa longueur; son infundibulum se dilate et se resserre tour à tour; enfin les mouvements de ses fibres se confondent

avec ceux des fibres qu'il envoie à la surface du viscère. Ces effets se produisent quelquefois pendant dix à quinze minutes, et même plus, si l'estomac se trouvait rempli et surtout s'il contenait des substances irritantes, et ils réapparaissent ou deviennent plus sensibles sous l'influence du pincement de la membrane charnue ou de l'application à sa face externe d'un acide affaibli ou d'un irritant quelconque.

Il n'est pas nécessaire, pour que les contractions de l'estomac contribuent au vomissement, qu'elles soient antipéristaltiques, c'est-à-dire dirigées du pylore vers le cardia, et, par conséquent, en sens inverse de celles qui, lors de la digestion, poussent les aliments chymifiés dans l'intestin. Ce rhythme inverse, qu'Haller a décrit, et auquel il attachait beaucoup d'importance, ne paraît jamais avoir été nettement constaté. Peut-être n'existe-t-il pas, car la contraction normale peut avoir le même résultat dès l'instant que le pylore, déjà si étroit chez les carnivores et chez le porc, se trouve lui-même assez contracté pour s'opposer au passage dans le duodénum des aliments non digérés.

L'intervention active de l'estomac se conçoit donc déjà très bien, et peut se déduire rationnellement du rôle que ce viscère joue dans les actes réguliers de la digestion. Mais ce n'est pas tout : elle peut être démontrée par la voie expérimentale.

Les faits d'après lesquels on a nié la participation de l'estomac au phénomène du vomissement ne prouvent pas péremptoirement la passivité de ce réservoir. En effet, si, à la suite de la paralysie du diaphragme et de l'enlèvement des muscles abdominaux, le vomissement devient impossible, ne serait-ce pas parce que l'action du viscère est à elle seule insuffisante, et parce que, du reste, cette action s'est affaiblie dès que l'estomac a été privé de l'appui donné par les parois abdominales? Il eût fallu, pour rendre l'expérience plus concluante, paralyser complétement le diaphragme et les muscles abdominaux, afin d'être dispensé de les enlever : or, c'est d'abord ce que j'ai fait, et voici les résultats que j'ai obtenus.

J'ai coupé les deux nerfs diaphragmatiques à un chien auquel je venais de faire manger une quantité considérable de chair crue réduite en petits morceaux; puis j'ai fait la section de la moelle épinière vers le milieu de la région dorsale. Ainsi je paralysais complétement le diaphragme, que tous les expérimentateurs n'avaient paralysé qu'à demi par la simple section des nerfs phréniques ; puis je paralysais en même temps les muscles de l'abdomen qui, restés en place, laissaient l'estomac dans les conditions normales. Alors j'administrai l'émétique, et bientôt survinrent des nausées et des efforts de vomissement auxquels il ne manquait que les secousses convulsives des muscles frappés d'inertie. Après des efforts renouvelés et très pénibles, l'animal vomit quelques morceaux de chair enveloppés par d'abondantes mucosités.

Cette expérience me paraît décisive : puisque le diaphragme et les muscles abdominaux sont paralysés et que l'animal vomit, le vomissement est donc bien alors le résultat de l'action de l'estomac et seulement de l'action de ce viscère. Si le vomissement n'est pas complet, s'il n'amène pas l'expulsion de toutes les matières contenues dans le ventricule, c'est que la contraction de ce dernier, à elle seule, est insuffisante pour produire ce résultat; elle a besoin du concours du diaphragme et des muscles abdominaux. Cette première expérience montre donc clairement que l'estomac

prend une part active au vomissement. Il en est encore une qui conduit à la même démonstration.

Dans celle-ci, je donne au chien de la chair à satiété, puis je fais la section des nerfs vagues à l'entrée de la poitrine, et j'administre l'émétique. Les nausées se manifestent; l'animal fait de violents efforts de vomissement, et il ne parvient à vomir que de loin en loin et très peu à la fois. Quelque énergiques et quelque répétés que soient les efforts, le chien ne peut débarrasser complétement son estomac: c'est tout au plus si le tiers de ce que contient le viscère arrive à être rejeté. Or, dans cette circonstance, le diaphragme et les muscles abdominaux conservent la plénitude de leur action, et pourtant ils ne parviennent pas à expulser tout ce que renferme le réservoir. Si la contraction des parois gastriques ne servait pas au vomissement, celui-ci s'opérerait comme dans les circonstances ordinaires, et si cette contraction était, comme le pense M. Renault, un obstacle au vomissement, cet acte deviendrait ici plus facile. Ainsi, lorsque l'estomac est paralysé par la section des nerfs vagues, l'une des puissances de la réjection manque, cette rejection devient pénible et reste toujours très incomplète. J'ai vu même des animaux faire pendant des heures entières des efforts inouïs sans rejeter la plus petite partie du contenu de leur estomac.

On peut faire à ma seconde expérience une objection sérieuse. La section des nerfs vagues, paralysant l'œsophage en même temps que l'estomac, ne permet pas d'isoler complétement la part d'influence qui appartient à chacun de ces deux organes. Cela est incontestable. Pour paralyser l'œsophage aussi peu que possible, j'ai eu soin de faire la section des nerfs tout près de la première côte, de telle sorte que la moitié du conduit conservait toute sa contractilité et pouvait, par conséquent, suffire à la tension de l'œsophage, à la déglutition de l'air et à l'élimination des matières sorties de l'estomac. De plus, j'ai tenté la section de ces nerfs dans la cavité abdominale, mais alors, soit que les filets ramifiés dans la partie inférieure de l'œsophage, et propagés dans la tunique musculeuse de l'estomac, aient suffi à entretenir la contractilité de cette membrane, soit que quelques branches aient échappé à mon scalpel, le vomissement a été moins difficile et moins incomplet que dans la première circonstance.

Ainsi donc, dès l'instant que le vomissement s'effectue encore un peu, lorsque le diaphragme et les muscles abdominaux sont paralysés, il est évident que l'estomac est actif dans le vomissement, et que c'est par lui que cet acte s'opère alors. Si cet organe était passif, ce vomissement serait aussi facile après la paralysie, qu'il peut l'être dans les circonstances ordinaires, enfin s'il était passif, pourquoi, comme le dit très bien Burdach (1), les matières de l'estomac ne passeraient-elles pas aussi dans l'intestin?

Mais cette participation de l'estomac n'est pas la puissance principale du vomissement; elle consiste en une contraction lente qui n'entre pour rien, comme le fait judicieusement observer M. Bérard, dans l'acte violent et spasmodique qui amène l'expulsion des matières contenues dans le viscère.

L'œsophage dont l'intervention n'avait pas été soupçonnée par les anciens expérimentateurs, joue un grand rôle dans le vomissement. Il éprouve pendant les efforts de la réjection une série de contractions et de relâchements pour opérer la

(1) *Traité de physiologie*, Paris, 1841, t. IX.

déglutition de l'air qui doit distendre l'estomac. Alors, si on le met à découvert, on peut juger de sa tension et la grande énergie de ses mouvements, et si on le coupe en travers, on voit son extrémité supérieure continuer ses contractions et laisser échapper, comme Béclard et Legallois l'ont fait remarquer, des bulles d'air avec quelques mucosités. Ce premier office est d'une grande importance. M. Magendie (1) a observé, dans ses expériences, que le vomissement ne s'effectue jamais sans la déglutition préalable d'une quantité considérable d'air, déglutition qui se renouvelle après chaque réjection d'une partie du contenu du viscère, afin de remplacer les aliments évacués et de maintenir l'estomac dans une suffisante distension : sans cela, le vomissement est « extrêmement pénible et douloureux. » Du reste, la déglutition de l'air paraît suffire, à elle seule, pour provoquer quelquefois l'acte dont nous parlons : celui-ci se produit même chez les chiens, d'après Krimer, lorsqu'on insuffle de l'air dans l'estomac.

L'œsophage par sa tension, suivant le sens de sa longueur, contribue évidemment à ouvrir l'orifice cardiaque et à faciliter la pénétration des aliments dans son intérieur. Il est facile de voir sur les chiens qui, ayant le ventre ouvert, font des efforts pour vomir, que le raccourcissement longitudinal du canal coïncide avec la contraction du diaphragme et des muscles abdominaux : alors l'estomac est tiré en avant et mieux pressé encore à la face postérieure du diaphragme. Il est fort probable que le sens des mouvements de l'œsophage est, dans cette circonstance, intimement lié à celui des mouvements de l'estomac. Du moins, j'ai cru voir, lorsque l'estomac venait d'être détaché du corps, avec une grande partie de l'œsophage, sur un animal récemment tué, qu'au moment de la contraction longitudinale du conduit, l'infundibulum cardiaque s'agrandissait sensiblement. Peut-être ce rhythme, qui persiste après la mort, est-il celui qui appartient à l'état normal.

Enfin, l'œsophage est presque à lui seul chargé de l'éjection des matières alimentaires, dès que celles-ci ont franchi l'orifice cardiaque de l'estomac. L'énergie et la vivacité de ses contractions règlent la rapidité et la violence avec lesquelles ces matières sont rejetées par la bouche. Ses contractions sont surtout indispensables lorsque les matières à éliminer se présentent en masses plus ou moins volumineuses ; elles ne le sont pas autant si ces matières se trouvent délayées ou tout à fait fluides. Dans ce dernier cas, les portions poussées à la suite des premières, suffisent presque à chasser celles-ci, car les contractions, soit de l'estomac, soit du diaphragme et des muscles abdominaux, impriment aux substances semi-fluides une impulsion qu'elles conservent sur toute l'étendue du canal.

Le fait de la contraction de l'œsophage, lors du vomissement, donne encore une preuve de l'activité de l'estomac, car il est manifeste, sur l'animal qu'on vient de tuer, que la contraction des fibres longitudinales du conduit s'étend très loin, sur les deux faces et sur l'extrémité gauche du viscère, dans le plan des fibres rayonnantes que la tunique charnue de l'œsophage envoie à celle de l'estomac.

L'action du diaphragme et des muscles de l'abdomen est essentiellement nécessaire au vomissement ; c'est la plus importante à cause de son énergie et de son caractère spasmodique.

(1) Burdach, t. IX, p. 223.

La participation du diaphragme a été démontrée de plusieurs manières par les expérimentateurs qui ont étudié le mécanisme du vomissement; elle peut l'être : 1° ou par la paralysie presque complète résultant de la section des nerfs phréniques; 2° par l'enlèvement des muscles abdominaux; 3° ou encore, comme je l'ai fait, par la section de la moelle épinière à la région dorsale.

Lorsqu'on a pratiqué la section des deux nerfs diaphragmatiques, le muscle est presque paralysé, mais il ne l'est pas complétement, car les branches nerveuses qu'il reçoit des paires dorsales lui laissent quelque contractilité; le vomissement peut encore s'effectuer, mais il est moins complet et plus difficile que dans les circonstances ordinaires. Lorsque les muscles abdominaux sont enlevés, la contraction lente du diaphragme suffit, dit-on, à opérer le vomissement, pourvu que l'estomac reste soutenu par la ligne blanche. Je doute que le fait soit possible dans les circonstances où l'estomac, au lieu d'être distendu par de l'eau ou des matières diffluentes, l'est par des aliments un peu solides, comme de petits morceaux de chair, par exemple. Enfin, quand on a paralysé les muscles du ventre, en faisant la section de la moelle au niveau des dernières vertèbres dorsales, le vomissement a encore lieu, même si l'estomac contient des aliments solides : seulement, il est difficile et fort incomplet. La participation du diaphragme, si bien établie par les expériences de M. Magendie, ne saurait être niée, quoique Haller (1) et d'autres, se fondant sur une prétendue compression de l'œsophage entre les piliers de cette cloison, aient avancé que le vomissement est impossible lors de l'inspiration, et par conséquent, à l'instant de la contraction du muscle.

Il est à noter que la contraction du diaphragme, lors du vomissement, a une certaine durée et qu'elle est aidée par l'occlusion de la glotte. Cette occlusion qui se produit, du reste, dans tous les efforts, a pour résultat de prévenir l'affaissement du poumon, et par conséquent, de donner sur cet organe un point d'appui à la cloison diaphragmatique. La constriction de la glotte, et partant, l'immobilité du thorax seraient si importantes, d'après M. Bourdon (2), que les animaux dont la trachée est ouverte ne pourraient plus vomir. En répétant cette expérience, j'ai vu que le vomissement s'effectuait encore, mais seulement avec plus de difficulté que dans les circonstances ordinaires.

L'intervention des muscles de l'abdomen est mise en évidence après la paralysie du diaphragme. Alors, le vomissement a encore lieu; seulement, il est devenu difficile.

Enfin, l'action combinée du diaphragme et des muscles abdominaux est démontrée par l'impossibilité du vomissement à la suite de la paralysie du premier et de l'enlèvement des seconds. Elle l'est aussi et bien mieux par la paralysie complète de ces muscles, consécutivement à la section des nerfs phréniques et à celle de la moelle épinière vers le milieu de la région dorsale, car, dans ce dernier cas, l'estomac reste en place : il est soutenu et peut se contracter; enfin, l'œsophage n'éprouve aucun tiraillement.

Cette action joue incontestablement un grand rôle dans le vomissement; elle en

(1) *Mém. sur le vomissement*, Paris, 1819.
(2) Longet, t. I, fasc. III, p. 61.

est la puissance principale et la plus énergique; mais elle n'est pas la seule qui contribue à l'accomplissement de ce phénomène ; elle s'associe, comme nous l'avons vu, à l'action de l'œsophage et de l'estomac.

Tels paraissent être le mécanisme du vomissement et le rôle des puissances qui concourent à l'accomplissement de cet acte. La nausée est le prodrome de toute la série des phénomènes qui caractérisent la réjection des matières contenues dans l'estomac. A sa suite, se manifestent les contractions violentes des muscles de l'abdomen, du diaphragme et celles de l'estomac. L'animal, en proie à une vive anxiété, fait une forte inspiration, comme dans tous les efforts; sa poitrine se distend, sa glotte se ferme, autant pour prévenir l'affaissement du poumon, que pour mettre obstacle à la chute des aliments dans les voies aériennes, le diaphragme contracté et fortement refoulé en arrière, offre un plan résistant à l'estomac que compriment énergiquement les muscles de l'abdomen ; l'encolure s'étend et contribue à l'allongement de l'œsophage ; une certaine quantité d'air est déglutie pour distendre l'estomac, la bouche s'ouvre, le voile du palais se soulève, et le contenu du réservoir gastrique est rejeté avec plus ou moins de rapidité et de violence.

Le vomissement et les actes qui ont quelque analogie avec lui, offrent beaucoup de variétés parmi les divers animaux. De toutes nos espèces, celles qui vomissent le plus aisément sont les carnivores. M. Girard cite l'exemple d'une chienne qui, séparée de ses petits, allait leur dégorger une partie de son repas dès qu'elle l'avait achevé; il pense que d'autres animaux du même ordre peuvent jouir de la même faculté. Le porc vomit avec peine et reste, dit-on, quelquefois longtemps affaibli à la suite de cet acte ; les oiseaux effectuent une sorte de réjection plus ou moins analogue au vomissement; le pigeon déverse dans le bec de ses petits un suc mêlé aux aliments du jabot; les oiseaux de proie rejettent par la bouche, sous forme de petites boules, les plumes, les poils et les os des petits animaux qu'ils ont digérés.

II. DU VOMISSEMENT DES SOLIPÈDES.

On sait depuis longtemps que le cheval et les autres solipèdes ne vomissent point ou ne vomissent que dans des circonstances exceptionnelles. Beaucoup d'observateurs ont cherché la cause de cette particularité.

Pour traiter cette question simple, que l'on a peut-être un peu embrouillée, il faut voir quelles sont, chez les solipèdes, les causes qui s'opposent au vomissement, et quelles sont celles qui lui permettent de s'effectuer, ou, en d'autres termes, rechercher pourquoi ces animaux ne vomissent pas habituellement, et pourquoi ils vomissent quelquefois. L'étude isolée de ces deux points est indispensable à la clarté de la démonstration.

Les premiers qui ont voulu s'expliquer l'impossibilité du vomissement du cheval ont cru en voir la cause dans la grande distance qui existe entre l'arrière-bouche et l'estomac, la force de l'hyoïde et la prétendue compression qu'il exercerait sur le pharynx. Mais ce sont là des obstacles imaginaires qu'on ne s'est jamais donné la peine de discuter.

Lamorier (1), dans une dissertation qui n'est pas sans quelque mérite, crut avoir

(1) Mémoire où l'on donne les raisons pourquoi les chevaux ne vomissent point (*Histoire de l'Académie des sciences*, 1733, p. 511 et suiv.).

trouvé ces causes. Il lui vint d'abord à l'idée que le cheval ne vomit point parce qu'il manque de vésicule biliaire, et que les fibres de son estomac paraissent très faibles ; mais, ayant vu plus tard que le perroquet vomit, quoique dépourvu de vésicule biliaire, et reconnu que les fibres de l'estomac du cheval sont aussi fortes que celles des autres animaux, il dut chercher ailleurs les obstacles au vomissement. Il prétendit trouver ceux-ci : 1° dans la faiblesse du diaphragme ; 2° dans l'éloignement de l'estomac des muscles abdominaux ; 3° dans la présence d'une valvule à l'orifice cardiaque de l'œsophage. De ces trois causes, une seule est réelle. Le diaphragme n'est pas plus faible chez le cheval que chez les autres mammifères de sa taille, et s'il peut se rupturer accidentellement, ainsi que Lamorier l'a observé, c'est que le service du cheval exige des efforts violents, qui détermineraient aussi bien le même accident chez les autres. La valvule semi-lunaire de l'orifice cardiaque n'existe pas, et il ne s'en trouve d'aucune autre espèce. Quant à la situation profonde de l'estomac en arrière du foie et des piliers du diaphragme, et à son éloignement des parois inférieures de l'abdomen, qui ne peuvent le comprimer directement, c'est la seule raison acceptable qu'il donne, mais elle est insuffisante.

Bertin (1), quelques années après, réfute Lamorier au sujet de la prétendue valvule de l'orifice cardiaque, et décrit, avec beaucoup de soin, la structure de l'estomac. Il insiste sur la disposition remarquable des fibres musculaires à l'insertion de l'œsophage, fibres qui forment un sphincter dont le ressort est si grand, même après la mort, qu'il ne laisse pas échapper une goutte d'eau, quelle que soit la pression supportée par le viscère. La présence et la structure de ce sphincter est, d'après lui, « la première et principale cause qui empêche les chevaux de vomir. » Il en donne la preuve par cette fameuse expérience faite déjà par Lamorier, et qui consiste à comprimer un estomac détaché et plein d'eau. La prétendue obliquité de l'insertion de l'œsophage, comparable à celle des uretères dans la vessie, la situation profonde de l'estomac ne lui paraissent être que des causes accessoires.

Bertin est dans le vrai lorsqu'il trouve l'obstacle essentiel au vomissement dans le sphincter de l'orifice cardiaque: seulement il se trompe en croyant que l'insertion de l'œsophage est oblique, et en répétant avec Lamorier que le diaphragme du cheval est plus faible que celui des autres animaux.

Bourgelat (2), dans un mémoire d'une assez mince valeur, s'attache à réfuter Lamorier, ce qui était déjà une peine superflue ; mais il ne parle ni de Bertin, ni du travail de cet anatomiste. Il indique assez vaguement la disposition des fibres qui ceignent l'orifice cardiaque, comme s'il l'eût notée le premier, et il prétend que l'obstacle au vomissement se trouve surtout dans les plis entassés de la muqueuse à l'insertion de l'œsophage. Il pense que les fibres charnues qui avoisinent le pylore et qui entourent le sac droit du viscère, étant plus faibles que celles du sac gauche, ne peuvent, lors de leurs contractions antipéristaltiques, « comprimer et chasser les matières à évacuer avec un empire supérieur à l'obstacle à vaincre et que présentent les plis entassés de la tunique interne de l'œsophage, leurs efforts fussent-ils secondés

(1) *Sur la structure de l'estomac du cheval et sur les causes qui empêchent cet animal de vomir* (*Histoire de l'Académie des sciences*, 1746, p. 23).

(2) *Recherches sur les causes de l'impossibilité dans laquelle les chevaux sont de vomir* (à la fin du *Précis anatomique du corps du cheval*, t. II).

de ceux des agents auxiliaires du vomissement. » Bourgelat cite, à l'appui de sa manière de voir, ce qu'il appelle ses expériences, c'est-à-dire l'expérience unique de Lamorier, déjà répétée par Bertin. Il distend, tantôt avec de l'air, tantôt avec de l'eau, un estomac détaché dont le pylore est lié et le cardia libre, et il voit, en le mettant sous une planche, sur laquelle on fait monter un ou deux hommes, que rien ne s'échappe par l'ouverture œsophagienne.

Girard (1), longtemps après les auteurs précités, trouve, comme Bertin, dont il ne parle point, l'obstacle au vomissement : 1° dans la disposition des fibres charnues à l'insertion de l'œsophage et autour de l'orifice cardiaque, fibres qui, selon lui, formeraient deux faisceaux entrecroisés appelés déjà, au temps de Haller, les cravates suisses ; 2° dans l'insertion oblique du conduit œsophagien ; 3° enfin dans la situation profonde du viscère, toutes choses déjà indiquées.

M. Flourens (2), dans un travail récent, rappelle les idées et les tentatives anciennes ; il décrit avec plus d'exactitude qu'on ne l'avait fait jusqu'alors le sphincter cardiaque, et arrive à cette conclusion que l'obstacle au vomissement, chez le cheval, tient à deux causes : au sphincter de l'orifice supérieur de l'estomac et à la direction oblique de cet orifice ; il s'appuie sur les expériences suivantes faites toutes sur l'estomac détaché. Dans la première, qui est l'expérience classique, l'estomac est rempli d'eau et le pylore lié ; la plus forte compression ne fait pas sortir une goutte de liquide par l'orifice œsophagien. Dans la seconde, l'estomac est également rempli et le pylore lié ; un tube d'un pouce de longueur est engagé dans l'orifice cardiaque, par lequel, cette fois, l'eau s'échappe. Dans la troisième, l'œsophage est complétement retranché, sans que le liquide puisse sortir. Dans la quatrième, la muqueuse de l'orifice, avec tous ses plis, est enlevée, et l'eau ne s'écoule pas davantage. Enfin, le contenu du viscère ne s'échappe pas lorsque, dans une cinquième expérience, les deux faisceaux latéraux du plan musculaire interne sont coupés en travers, le sphincter restant néanmoins intact. Ces résultats prouvent, dit M. Flourens, que l'obstacle au vomissement réside dans l'estomac seul ; qu'il n'est ni dans l'œsophage, ni dans les plis de la muqueuse, mais uniquement dans la présence du sphincter et l'obliquité de l'orifice œsophagien.

D'après tous ces auteurs, l'obstacle au vomissement est donc dans l'estomac ; il tient essentiellement à la constriction de l'orifice cardiaque du viscère, constriction opérée par les faisceaux musculaires qui ceignent l'insertion de l'œsophage ; et nous verrons tout à l'heure que cette opinion est bien fondée. On a prétendu, il est vrai, que cet obstacle, au lieu d'être dans la structure du viscère, consistait exclusivement dans le fait de la non-impressionnabilité du système nerveux du cheval à l'action des émétiques. Sans doute les solipèdes ne sont pas aussi sensibles à l'action de l'émétique que les animaux qui vomissent ; mais, néanmoins, cette substance ne laisse pas que de déterminer quelquefois sur eux des efforts analogues à ceux du vomissement.

Ainsi, dans des expériences que M. Flourens m'avait chargé de faire pour lui, et d'après ses indications, j'ai constaté plusieurs fois des efforts qui n'ont jamais été

(1) *Notice sur le vomissement dans les principaux quadrupèdes domestiques* (*Anatomie vétérinaire*, t. II).

(2) *Note sur le non-vomissement du cheval* (*Annales des sciences naturelles*).

suivis de vomissement. Les substances injectées dans les veines étaient l'émétique, le sublimé corrosif, le sulfate de zinc, le principe actif de l'ipécacuanha, le chromate de potasse, le sulfate de cuivre, etc. L'émétique fut donné depuis la dose de 1 gramme jusqu'à celle de 15 à 20 grammes. Bientôt on observait une agitation du flanc, des tremblements musculaires, un peu de salivation, quelques mouvements des mâchoires, des déjections fréquemment renouvelées; quelquefois l'animal portait la tête vers le sol, ouvrait la bouche, éprouvait quelques secousses dans les muscles abdominaux. L'ipécacuanha, infusé à la dose de 40 à 50 grammes, déterminait des effets analogues, avec des différences assez marquées : l'animal, par moments, allongeait le corps, portait les pieds de derrière près de ceux de devant, étendait le cou, baissait la tête, etc. En un mot, les substances qui produisent, chez les autres animaux, des efforts de vomissement, furent injectées depuis les doses qui n'ont pas d'action appréciable, jusqu'à celles qui tuent plus ou moins vite; elles furent administrées à des chevaux qui venaient de manger et de boire, à des sujets dont les nerfs vagues avaient été préalablement coupés, à d'autres dont l'œsophage était à découvert. Jamais il n'y eut de vomissement; c'est tout au plus s'il y eut quelquefois des efforts analogues à ceux qui accompagnent cet acte. Toutes ces expériences n'étaient pas trop nombreuses pour qu'on pût bien juger de l'impressionnabilité du cheval à l'action des vomitifs. Cependant M. Gamgée, après avoir administré de 2 à 3 grammes d'émétique à un cheval et à une mule, s'est cru autorisé à déclarer ces animaux insensibles à l'influence de ces agents. Son observation, en partie vraie, est pourtant pleine de justesse ; elle n'avait point été faite par les expérimentateurs qui avaient donné l'émétique dans le but de provoquer le vomissement.

S'il était vrai que le cheval ne vomit point parce qu'il ne fait pas d'efforts, il pourrait vomir dès que ceux-ci s'effectuent ou dès qu'une pression exercée sur l'estomac viendrait remplacer celle du diaphragme et des muscles abdominaux. Or, nous verrons que la pression remplaçant les efforts est impuissante à déterminer le vomissement.

Il est facile, en comparant l'estomac du cheval et des autres solipèdes à celui du chien et des carnassiers, de saisir les dispositions qui, chez les premiers, s'opposent au vomissement, et celles qui, chez les seconds, rendent cet acte possible.

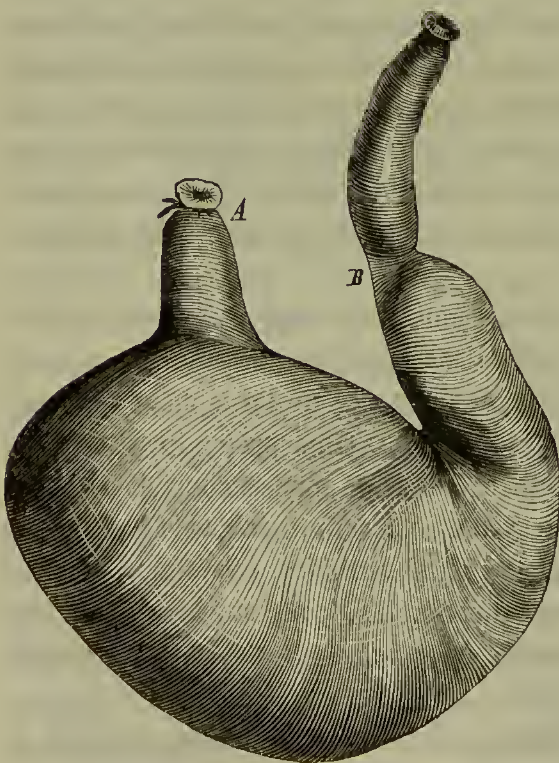


Fig. 46. — *Estomac du chien.*
A. Œsophage. — *B*. Pylore.

L'estomac du chien a son orifice cardiaque très éloigné du pylore et placé presque à l'opposé, vers l'extrémité gauche du viscère; l'œsophage y présente, à sa terminaison, des parois minces formant un évasement en infundibulum très dilatable

et peu resserré ; de plus, l'ouverture pylorique est fort étroite. Dans l'estomac du cheval, peu différent du premier quant à la forme générale, l'œsophage s'insère très près du pylore, vers le milieu de la petite courbure ; ce canal, dont la tunique charnue est d'une épaisseur énorme à partir du niveau de la base du cœur, a des

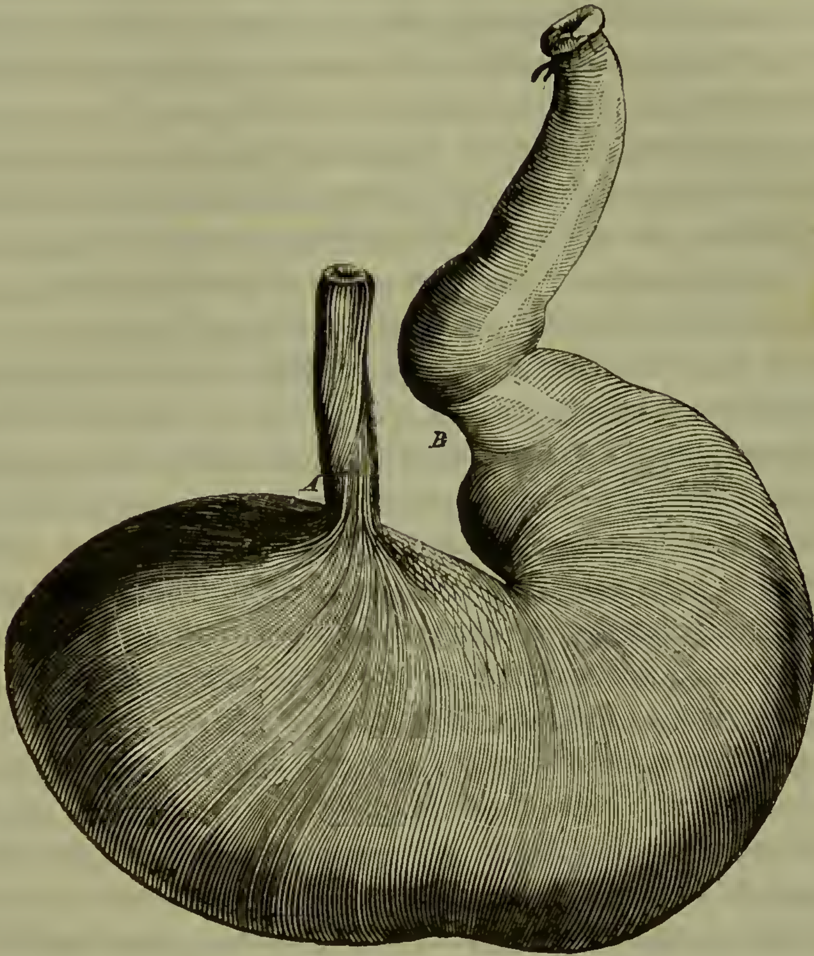


Fig. 47. — *Estomac du cheval.*

A. Extrémité cardiaque de l'œsophage. — *B.* Anneau pylorique.

fibres nattées les unes avec les autres, et se continuant sur l'estomac, pour former avec celles du viscère le sphincter cardiaque et les cravates des anciens anatomistes ; son orifice, maintenu dans une constriction permanente, est fermé en dedans par les plis radiés de la membrane muqueuse. C'est là que se trouve l'obstacle à vaincre lors des efforts du vomissement.

Or, dans cette circonstance, l'estomac des solipèdes peut être comparé à la presse hydraulique. Les aliments, les liquides et les gaz qu'il contient supportent, de la part du diaphragme, des muscles abdominaux, et peut-être même de ses propres parois, une pression plus ou moins forte. Les matières comprimées réagissent sur le réservoir qui les contient, de manière que la pression de dedans en dehors devienne proportionnelle à la surface qui la supporte. Qu'arrive-t-il alors ? Chez le chien, l'évasement de l'œsophage ayant une surface très étendue, supporte une pression expansive que ne peut neutraliser la tunique charnue si mince de ce conduit ; il cède à l'effort des matières alimentaires et le vomissement s'effectue. Chez le cheval, il n'en est pas de même : l'infundibulum manque, le cardia est fermé et très exactement fermé ; son orifice clos n'a pas certainement un centimètre carré

d'étendue, tandis que le reste du viscère a une surface qui est de plus de 4,000 centimètres carrés, d'où il résulte que les plis de l'orifice œsophagien ne supportent que la quatre-millième partie de l'effort par lequel les aliments tendent à s'échapper. N'est-il pas évident, d'après cela, que la plus faible contraction du cardia suffit pour neutraliser cette part de la force expansive avec laquelle réagit le contenu de l'estomac ? Cette contraction si énergique et si puissante, à en juger par le volume des faisceaux musculaires, est plus que suffisante pour s'opposer à la sortie des matières alimentaires : aussi, ces dernières si délayées qu'elles soient, ne peuvent-elles parvenir à dilater l'orifice et à s'y engager ; partant, le vomissement devient impossible.

Cette explication rationnelle, parfaitement en rapport avec les conditions dans lesquelles se trouve l'estomac, pourrait se passer d'une démonstration expérimentale, néanmoins ; je vais donner celle qui résulte de mes recherches.

D'abord, et pour plusieurs raisons, j'ai négligé ce que depuis Lamorier on est convenu d'appeler une expérience ; car, suivant les circonstances, elle conduit à des résultats opposés, et sert de point de départ à des déductions contradictoires. En effet, les uns ont vu l'eau s'échapper par le cardia, et les autres n'ont pu parvenir à la faire sortir par cette ouverture, en comprimant avec force un estomac plein de liquide, et dont le pylore était lié et l'œsophage libre. Cette différence n'est pas difficile à expliquer. Si l'on détache l'estomac dès que l'animal vient d'expirer, et si on le comprime aussitôt, après avoir bien lié le pylore, les gaz et les liquides s'échapperont par l'ouverture cardiaque. Il en sera de même si l'estomac provient d'un cheval sur lequel un commencement de fermentation du contenu de l'appareil digestif aura fait cesser la roideur cadavérique dans les viscères intestinaux. Enfin, il en sera encore ainsi sur un estomac quelconque dont le bout d'œsophage tenant au ventricule aura été malaxé ou légèrement froissé entre les doigts. Au contraire, si l'on prend l'estomac quelque temps après la mort, si on le comprime après qu'il s'est refroidi, rien ne sort par le cardia. Or, dans les premières conditions, la roideur cadavérique (1) n'a point encore opéré la constriction du cardia et de l'extrémité inférieure de l'œsophage, ou bien cette rigidité a été en partie détruite par un commencement de décomposition, un léger froissement, une faible traction exercée sur l'une des deux tuniques de l'extrémité inférieure du conduit œsophagien, et alors le cardia laisse échapper les matières fluides que contient l'estomac comprimé. Dans les autres circonstances, la contraction cadavérique est très prononcée, les parties acquièrent une résistance très remarquable et ne cèdent point à l'effort qui s'exerce sur le viscère ; celui-ci se déchire avant que l'obstacle apporté par le cardia et l'extrémité inférieure de l'œsophage soit vaincu.

Dans une première expérience, sur un cheval qui vient d'achever son repas, je cherche à apprécier l'état des deux orifices de l'estomac. La ligne blanche est incisée et le duodénum ouvert. Par l'incision pratiquée à ce dernier, j'engage le doigt et je sens le pylore entr'ouvert, l'index y pénètre aisément et n'y éprouve pas de constriction ; il y est seulement, par intervalles, doucement pressé : dès qu'il est

(1) Il y a évidemment une rigidité cadavérique dans les muscles de la vie organique comme dans ceux de la vie animale : il suffit, pour s'en convaincre, de comparer le cœur flasque de l'animal qui vient de mourir à celui du cadavre déjà froid ; la vessie encore chaude et si facile à enfler à la vessie dans des conditions opposées.

retiré, les liquides et le chyme continuent à passer par ondées dans l'intestin. Cela fait, j'incise l'estomac vers le milieu de sa face postérieure, et par cette nouvelle ouverture ma main peut explorer l'intérieur du viscère. Le cardia est exactement fermé ; le doigt ne parvient à s'y engager qu'avec peine; il s'y trouve fortement comprimé, puis repoussé à de fréquents intervalles; la pression reste considérable au delà du cardia et aussi loin que l'extrémité du doigt peut aller ; elle semble même augmenter un peu à chaque inspiration pendant que le diaphragme contracté resserre l'ouverture que traverse l'œsophage. Ainsi donc, le pylore est béant, le cardia est fermé; de plus, l'anneau musculeux qui l'entoure est énergiquement contracté, de même que la portion abdominale du conduit œsophagien. Il faut voir si ce cerbère ne laissera rien sortir lorsque l'estomac sera comprimé.

Dans une deuxième expérience, faite sur un cheval qui mange depuis plusieurs heures et qui vient de recevoir un demi-seau d'eau, j'incise la ligne blanche, et en déplaçant la courbure antérieure du côlon, je mets l'estomac à découvert. Ce viscère est très distendu; il contient encore beaucoup de liquides et des aliments très délayés qui paraissent dans d'excellentes conditions pour s'échapper à travers les orifices cardiaque et pylorique. Alors, appliquant une main sur sa face antérieure, l'autre sur sa face postérieure, je le comprime fortement. Rien ne sort ni par la bouche ni par les naseaux. Je continue la compression pendant l'inspiration et l'expiration; j'appuie sur l'estomac tour à tour d'une face vers l'autre, du sac droit vers le sac gauche, de la grande vers la petite courbure. Le viscère se vide en partie, mais son contenu s'écoule lentement vers l'intestin, sans que rien s'échappe du côté du cardia.

Je répète cette expérience sur d'autres chevaux placés dans des conditions analogues. La compression est si forte dans l'une d'elles, que la tunique charnue s'éraille près de la grande courbure et au niveau du sac droit; la muqueuse seule reste et menace de se déchirer. Toujours les résultats sont les mêmes. Si les matières de l'estomac sont fluides, elles passent en partie dans l'intestin par le pylore béant. Si elles sont peu humectées, elles se tassent et ne sortent qu'en faibles proportions dans le duodénum. L'obstacle est donc au cardia, et il ne peut être vaincu par une pression qui est aussi énergique que peut l'être celle du diaphragme et des muscles abdominaux, puisqu'elle va jusqu'au point de déterminer l'éraillement et la déchirure de la tunique charnue du viscère, comme on le voit, lors des efforts de vomissement.

Mais, rapprochons-nous encore plus des conditions dans lesquelles s'opère le vomissement. Puisque, dans les circonstances précédentes, l'estomac comprimé laisse échapper une partie de son contenu par le pylore, fermons cet orifice béant, afin de ne laisser d'autre issue possible que celle du cardia, car très probablement, lors du vomissement, la contraction des parois si épaisses de l'estomac, vers le pylore, s'oppose au passage des matières alimentaires dans l'intestin.

Dans une troisième expérience, sur un cheval qui mangeait depuis longtemps et qui venait de s'abreuver, j'incise les parois abdominales au niveau de la ligne blanche et j'applique une ligature bien serrée autour de l'orifice pylorique, puis je comprime fortement l'estomac dans tous les sens, et mes aides le compriment aussi à leur tour. Cette fois encore, ni les matières alimentaires, ni même les liquides, ne parviennent à s'échapper, et cependant l'orifice cardiaque est la seule issue qui leur soit offerte.

Peut-être le cheval, comme le chien, avale-t-il de l'air, lors des efforts de vomissement, et peut-être cet air est-il aussi nécessaire à la dilatation de l'orifice œsophagien que la distension extrême du viscère, dans les cas où il n'y a pas une suffisante quantité d'aliments dans l'estomac. Voyons donc ce qui arrivera lorsque le viscère renfermera une proportion notable de gaz.

Dans une quatrième expérience sur un cheval passablement rassasié, j'ouvre l'abdomen et le duodénum au niveau de l'insertion des canaux biliaire et pancréatiques; j'injecte de l'eau tiède dans l'estomac par le pylore, puis j'y fais pénétrer par insufflation une assez grande quantité d'air, et j'applique aussitôt une ligature très serrée autour de l'orifice pylorique. Alors je presse fortement l'estomac, avec les deux mains ; je cherche à le chiffonner dans tous les sens, et malgré cette compression, ni les aliments, ni les liquides ne s'échappent par la bouche ou les narines. Ainsi l'air mêlé aux matières contenues dans l'estomac ne peut, sous l'influence de la pression, vaincre l'obstacle qu'oppose l'orifice inférieur de l'œsophage.

Mais, dans ces premières expériences, si les matières alimentaires ne sortent point ni par les naseaux ni par la bouche, ne peut-il pas arriver que ces matières, ayant franchi l'orifice cardiaque, parviennent jusqu'à la bouche et soient ensuite immédiatement dégluties. Pour lever ce doute, j'ai fait une incision sur le trajet de la jugulaire et mis l'œsophage à découvert sans le déplacer, je l'ai palpé pendant qu'on comprimait l'estomac comme précédemment : rien ne passait dans son intérieur. Enfin je l'ai ouvert en place, et rien n'est sorti par la plaie pendant qu'on renouvelait la compression du viscère. Cette quatrième expérience prouve donc, encore mieux que les autres, le non-reflux des matières alimentaires par l'orifice supérieur de l'estomac.

Il ressort évidemment de ces faits qu'il existe au cardia un obstacle au passage des matières comprimées que renferme l'estomac, mais cet obstacle peut être, soit le sphincter cardiaque, soit l'épaisse tunique charnue de l'extrémité inférieure de l'œsophage, soit encore ces deux parties à la fois. Il importe donc de rechercher s'il est dans l'une de ces parties ou dans les deux ensemble.

Sur un cheval qui vient de prendre son repas et de boire abondamment, j'incise la ligne blanche, je déplace les parties antérieures du côlon, de manière à bien mettre l'estomac à découvert, et je divise transversalement le frein séro-fibreux qui, du diaphragme, se porte autour du cardia, puis j'incise longitudinalement la tunique charnue de la portion abdominale de l'œsophage, et je m'arrête à l'anneau du cardia que j'évite avec soin de léser. Alors je comprime l'estomac avec les deux mains, d'une face vers l'autre, de l'extrémité gauche vers l'extrémité droite, etc. La pression ne fait rien sortir ni par la bouche ni par les narines. Donc l'obstacle à la sortie des aliments, par l'orifice supérieur de l'estomac, ne paraît pas être dans le renflement charnu de l'extrémité inférieure de l'œsophage, puisque sa tunique musculeuse, divisée suivant le sens de sa longueur, est mise par conséquent dans l'impossibilité de se contracter circulairement. Cette sixième expérience montre bien que le véritable obstacle est dans le sphincter. Pour nous en assurer, divisons ce dernier et laissons intact le renflement œsophagien.

Sur un autre cheval préparé comme le précédent, je mets à découvert la portion abdominale de l'œsophage, et j'incise le sphincter cardiaque, dans un point de

sa circonférence, en n'intéressant que très peu l'extrémité inférieure de l'œsophage. Alors, en comprimant l'estomac, on fait sortir les aliments délayés et les liquides par les naseaux ; seulement il en sort peu, car l'œsophage au-dessus du sphincter se dilate à peine, et la compression est modérée pour ne pas déchirer la muqueuse qui fait hernie au niveau du débridement. Cette septième expérience indique bien que l'obstacle est la constriction de l'anneau cardiaque, puisque le contenu de l'estomac sort dès que cet anneau est divisé, tandis qu'il ne sort pas s'il reste intact.

Le renflement œsophagien ne contribue-t-il pas à s'opposer au passage des aliments à travers le cardia ? Pour résoudre la question, il faut combiner les deux expériences qui précèdent.

Sur un cheval dont l'estomac est plein d'aliments délayés, je divise à la fois et le sphincter cardiaque et la tunique charnue de la portion abdominale de l'œsophage, suivant le sens de sa longueur. Alors, dès qu'on vient à comprimer l'estomac, les matières fluides sortent par la bouche et par les naseaux, beaucoup mieux que quand le sphincter seul est incisé. Ainsi, cette huitième expérience prouve que l'obstacle est dans le sphincter, et qu'il est aussi dans le renflement œsophagien. Il ne peut en être autrement : ces deux parties sont intimement liées, elles sont solidaires l'une de l'autre, les fibres charnues de l'œsophage vont concourir à la formation du sphincter et de ses prolongements appelés les cravates, et réciproquement les fibres du sphincter remontent, un certain nombre du moins, dans le renflement œsophagien.

La preuve que l'obstacle est bien celui-là, c'est que dès qu'il est détruit ou vaincu, les matières passent : il y a alors vomiturition et vomissement. Non seulement les matières passent à travers le cardia lors des efforts de vomissement, elles y passent encore lors des inspirations véhémentes, ou pendant qu'une pression artificielle est exercée sur les parois abdominales. Et ce qui se produit par le secours de l'expérimentation, la nature le fait dans plusieurs circonstances.

J'ai vu à la clinique de l'école un cheval qui rejetait fort souvent des matières alimentaires par la bouche, et surtout par les naseaux. Dès qu'il faisait des inspirations un peu fortes, comme pendant l'exercice, les matières sortaient. L'œsophage fut mis à découvert ; on voyait à de fréquents intervalles le conduit se gonfler, puis s'affaisser, et l'on sentait les matières délayées passer dans son intérieur ; elles s'échappaient par la bouche et les cavités nasales, si elles étaient en grande quantité ; au contraire, elles étaient renvoyées à l'estomac, si elles ne passaient dans l'œsophage qu'en faible proportion. A l'autopsie, on trouva un jabot œsophagien plus grand que celui de la figure et divisé par un léger étranglement vers le milieu de sa longueur ; ce sac était manifestement formé par la muqueuse qui faisait hernie à travers une déchirure longitudinale de la membrane charnue. Il s'étendait jusqu'au cardia béant et dont l'ouverture avait plus de 4 centimètres de diamètre. Il y avait donc évidemment ici, à la suite d'un accident, ce que j'avais produit avec le scalpel dans ma dernière expérience : déchirure longitudinale de la tunique charnue au niveau du renflement œsophagien et dilatation de l'orifice cardiaque. Dans les deux circonstances aussi les effets furent les mêmes. Évidemment les matières rejetées venaient de l'estomac, puisque le cheval à jabot vomissait dès qu'une pression un peu forte était exercée sur les parois abdominales.

De pareils faits ne sont point très rares. On sait qu'ils peuvent offrir une foule

de variétés, suivant la situation, le volume du jabot, le degré de relâchement du cardia, et l'aptitude qu'il peut encore conserver à la constriction de son ouverture.

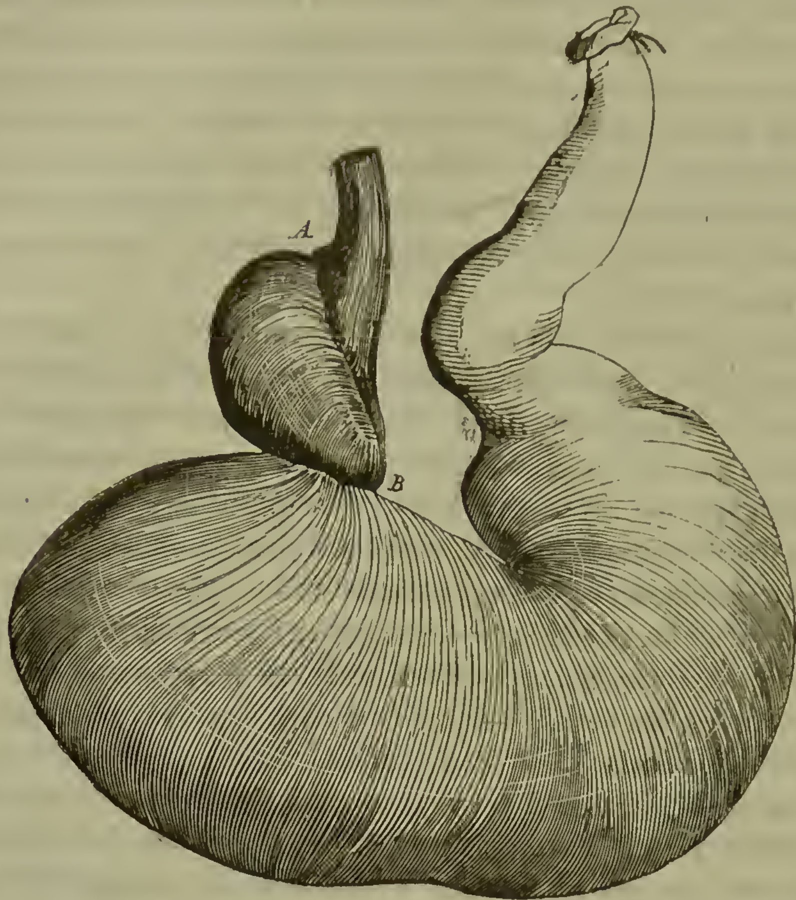


Fig. 48. — *Estomac du cheval dont l'œsophage forme un jabot communiquant directemnet avec le cardia.*

A. Extrémité supérieure du jabot. — *B*. Orifice cardiaque.

Ainsi il est démontré, si je ne m'abuse, que l'obstacle au vomissement des solipèdes réside dans la constriction du sphincter cardiaque et dans celle du renflement musculeux de l'extrémité inférieure de l'œsophage. A cela se joint un ensemble de dispositions qui agissent dans le même sens. L'estomac des solipèdes est petit; il est séparé des parois de l'abdomen par les grosses courbures du côlon; par conséquent, il est moins accessible que chez le chien à l'action des agents qui constituent les puissances principales du vomissement. Ce viscère ne se distend jamais beaucoup dans les circonstances ordinaires; les matières alimentaires y séjournent peu et passent vite dans l'intestin par un pylore presque toujours béant. Enfin, pour compléter la série de ces dispositions et de ces circonstances, pour éviter en quelque sorte une lutte entre ces obstacles et des tentatives qui n'auraient pas le résultat qu'elles ont habituellement chez les autres animaux, le système nerveux est peu impressionnable aux causes provocatrices du vomissement; l'ingestion de l'émétique dans les voies digestives ne provoque, comme on le sait depuis longtemps, ni nausées, ni efforts de vomissement; l'émétique et les autres vomitifs injectés dans les veines en produisent rarement et de peu caractérisés; le pincement, l'étranglement de l'intestin, la ligature du pylore, dont les effets sont si remarquables chez les carnivores, ne déterminent point d'efforts chez les premiers. Mais

cette faible impressionnabilité n'est point la cause unique du non-vomissement, comme on l'a prétendu; car s'il en était ainsi, le vomissement aurait lieu dès qu'une forte pression exercée sur l'estomac viendrait remplacer celle du diaphragme et des muscles abdominaux. Or, nous avons vu dans les expériences précédentes qu'une forte compression, fût-elle même supérieure à celle des puissances auxiliaires, ne parvient pas à effectuer, par le cardia, l'expulsion du contenu de l'estomac.

Malgré cet ensemble de combinaisons qui s'opposent au vomissement, le cheval peut vomir dans quelques rares circonstances. Il s'agit donc maintenant de rechercher les causes qui, dans ces cas exceptionnels, rendent le vomissement possible. Cette seconde question, parfaitement distincte de la première, se trouve déjà en partie implicitement résolue par ce qui précède, aussi ne nous arrêtera-t-elle pas longtemps, d'autant qu'elle est plus du ressort de la pathologie que du domaine de la physiologie.

Le vomissement des solipèdes n'est pas un accident fort rare, car les annales de la vétérinaire en ont enregistré d'assez nombreux exemples. Il se produit dans diverses conditions, lorsqu'il y a indigestion avec surcharge d'aliments, hernies, invaginations, affections intestinales; il se montre quelquefois chez les chevaux affectés du tic, chez ceux qui portent un jabot en communication directe avec l'estomac, etc. Le plus souvent il entraîne la rupture du ventricule et la mort.

Lorsque cet acte s'effectue, l'animal éprouve des mouvements convulsifs très énergiques; il étend les membres, porte ceux de derrière sous le corps, allonge le cou, baisse la tête; la bouche s'ouvre, les naseaux se dilatent, la lèvre supérieure se relève fréquemment, les muscles de l'abdomen se contractent par secousses. Les premiers efforts sont ordinairement sans résultat; ceux qui suivent amènent la réjection par les naseaux, et quelquefois en même temps par la bouche, d'une certaine quantité de matières alimentaires délayées. A chaque effort nouveau, une petite quantité de matière est rejetée. Lorsque ces évacuations se sont fréquemment renouvelées, l'animal éprouve quelque soulagement, ou bien tombe dans cet abattement calme qui est l'avant-coureur de la mort.

Les conditions qui permettent alors au vomissement de s'opérer sont faciles à déterminer. Puisque l'obstacle à la réjection se trouve dans la constriction du cardia et de l'extrémité inférieure de l'œsophage, il est clair que cette réjection n'aura lieu qu'autant que l'obstacle sera détruit ou vaincu. Or, les observateurs qui ont examiné avec soin l'état de l'estomac après la mort des chevaux qui avaient vomi, ont trouvé le cardia flasque, relâché, béant, le renflement œsophagien dilaté et sans ressort. Girard, M. Bouley jeune, Vatel, M. Renault, et d'autres, ont successivement fait cette remarque.

La cause du relâchement du cardia et du renflement œsophagien, et partant, celle du vomissement, a été attribuée, par M. Bouley à une distension extrême de l'estomac, par Girard et M. Renault à une distension suivie de la paralysie du viscère.

Le fait de la paralysie de l'estomac, lors du vomissement, est, d'après M. Renault, la condition sans laquelle cet acte ne peut s'opérer. « Voici, disait-il (1) dans une discussion académique, les expériences que j'ai faites à ce sujet. J'ai incisé cru-

(1) *Bulletin de l'Académie royale de médecine*, Paris, 1843-1844, t. IX, p. 153 et 154.

cialement l'abdomen chez les chevaux auxquels j'avais donné préalablement l'émétique. En introduisant la main par la plaie, je sentais l'estomac se contracter énergiquement, et les contractions devenaient sensibles à l'œil lorsqu'on lui faisait faire hernie à travers les parois de l'abdomen. Ces contractions ne cessaient que lorsque l'estomac était fortement distendu, et seulement alors il survenait des vomissements. J'ai conclu de ces expériences que la membrane musculaire est un obstacle au vomissement, lequel ne peut avoir lieu que lorsque cette membrane est rendue impuissante. »

Les expériences que j'ai eu l'occasion de faire pour M. Flourens, et les miennes propres, m'ayant donné des résultats en désaccord avec ceux qui précèdent, je dois les rappeler, afin qu'on puisse juger ma manière de voir en ce qui concerne les conditions desquelles résulte la possibilité du vomissement chez les solipèdes.

Dans une première série d'expériences, au nombre de quarante, j'ai administré l'émétique, l'ipécacuanha en infusion, le chromate de potasse, le sublimé corrosif, le sulfate de zinc, et d'autres substances encore, depuis les doses qui ne produisent pas d'effets sensibles, jusqu'à celles qui tuent. Aucun des chevaux n'a vomi ni avant ni après l'incision des parois abdominales ; c'est tout au plus, comme je l'ai dit ailleurs, si sur une partie d'entre eux j'ai pu constater quelques efforts de vomissement.

Dans une deuxième série de tentatives analogues, j'ai cherché à sentir et à voir les contractions de l'estomac, et à constater sa distension graduellement croissante lorsque l'abdomen est ouvert. D'une part, en engageant la main dans une ouverture pratiquée aux parois abdominales, j'ai palpé tour à tour l'estomac sur ses deux faces, à ses deux courbures, au cardia et au pylore, et jamais je n'ai senti de contractions distinctes, soit que le viscère fût très distendu, soit qu'il fût à demi rempli ou tout à fait vide, avant ou après l'injection de l'émétique. Seulement, j'ai senti cet estomac balancé par le diaphragme, c'est-à-dire alternativement attiré et repoussé. D'autre part, en agrandissant l'ouverture et en déplaçant l'intestin de manière à mettre le réservoir gastrique à découvert, car je n'ai jamais pu lui faire faire hernie à travers la plaie abdominale, je n'ai vu dans aucune circonstance de contractions énergiques du viscère, quel que fût l'état de ce dernier. L'action prolongée de l'air, le pincement, l'irritation produite par la pointe du scalpel, par les acides, etc., m'ont fait voir, et quelquefois seulement, des contractions lentes et très faibles. Enfin, dans toutes ces circonstances, l'estomac, mis à découvert, ne m'a point paru changer de volume ; il était au bout de cinq, dix, quinze minutes, ce qu'il était à l'instant de l'incision des parois de l'abdomen. Dans aucun cas, je n'ai vu s'opérer une déglutition d'air.

Dans une troisième série, j'ai cherché à paralyser l'estomac afin de voir si une fois ce résultat obtenu, le vomissement pourrait s'effectuer.

A un cheval, je fis manger du foin, de la betterave, de la farine et de l'avoine donnés successivement. Quand il parut rassasié, je lui fis boire un seau d'eau, et immédiatement après, je lui injectai 6 grammes d'émétique dans la jugulaire. Dès que le vomitif commença à exciter des battements de flanc, je fis coucher l'animal et lui ouvris l'abdomen. L'estomac était passablement distendu, mais il n'augmentait pas de volume, ni ne se contractait sensiblement. Pour remplacer les efforts de vomissement qui ne s'opéraient point, et pour tenir lieu de la pression que le dia-

phragme et les muscles abdominaux ne pouvaient plus exercer sur le viscère, je comprimai celui-ci avec les deux mains. Insensiblement, il se désemplit, mais ce fut dans l'intestin qu'une partie de son contenu passa. Rien ne sortit par l'orifice supérieur. Désespérant d'obtenir, par ce procédé, une distension qui entraînât la paralysie, je dus recourir à d'autres moyens.

S'il faut, me dis-je alors, que l'estomac soit impuissant pour que le vomissement ait lieu, je vais le paralyser par la section des nerfs vagues. Je coupai donc ces nerfs dans la cavité abdominale, à leur sortie de l'ouverture du pilier droit du diaphragme. Je fermai la plaie de l'abdomen par une suture de ruban très solide, et l'animal relevé, j'injectai 6 grammes d'émétique dans les veines. A partir de ce moment, je suivis ce cheval attentivement et je n'observai ni vomiturition, ni vomissement; je ne remarquai non plus ni nausées ni efforts caractérisés. Il ne suffit donc pas que l'estomac soit paralysé et que l'émétique soit injecté dans les veines pour que le vomissement s'opère.

Réfléchissant que si l'animal ne vomissait pas alors, c'était parce qu'il ne faisait point d'efforts, je voulus voir ce qui arriverait, dès qu'une pression factice viendrait se substituer à la pression du diaphragme et des muscles abdominaux. Dans ce but, j'enlevai la suture de la ligne blanche ; je comprimai fortement, et à plusieurs reprises, l'estomac, en donnant, autant que possible, à l'action des mains le caractère convulsif et saccadé de la contraction des puissances auxiliaires. Il ne sortit rien ni par la bouche ni par les narines; en un mot, il n'y eut ni vomiturition ni vomissement. Cependant se trouvaient réunies dans ce cas les deux conditions qui auraient dû entraîner la réjection, savoir : la paralysie de l'estomac et l'intervention d'une pression extérieure.

Dans cette expérience, l'estomac était paralysé ; mais quelques filets des nerfs vagues, ramifiés dans la tunique de l'œsophage, pouvaient encore animer le sphincter, et entretenir, du moins en partie, sa contractilité ; de plus, l'œsophage et son renflement n'avaient rien perdu de leur force, à la suite de la section faite près de la petite courbure. Je résolus donc de paralyser tout à la fois l'estomac et l'extrémité inférieure du conduit œsophagien.

En conséquence, je coupai les nerfs pneumogastriques à l'extrémité inférieure de l'encolure, et j'ouvris la trachée afin d'éviter la gêne de la respiration. J'attendis trois heures que l'influence nerveuse s'éteignît entièrement, et j'injectai 7 grammes d'émétique en dissolution dans la jugulaire. Bientôt l'animal eut le flanc agité, la respiration précipitée, etc. ; mais il ne vomit point; il fit tout au plus quelques efforts mal caractérisés. Lorsque les effets de l'émétique se furent dissipés, on coucha le cheval et je lui ouvris l'abdomen. L'estomac était passablement rempli de matières alimentaires délayées. Pour remplacer les efforts, je comprimai le viscère ; ma compression ne put déterminer le vomissement. Pour détruire la prétendue constriction opérée sur l'œsophage par les lèvres du pilier droit du diaphragme, je coupai l'une d'elles en évitant de blesser la plèvre. Alors je soumis l'estomac à une nouvelle compression ; rien ne sortit par la bouche ni par les naseaux.

Par ces expériences, je paralyse l'estomac, et cependant il ne s'effectue ni vomissement spontané, ni vomissement provoqué par l'émétique et par une forte pression exercée sur le viscère. Je fais plus, je paralyse à la fois l'estomac et l'extrémité

inférieure de l'œsophage, et il ne se produit point encore de vomissement. Faut-il maintenant regarder la paralysie de l'estomac comme la cause nécessaire du vomissement et la condition indispensable à l'accomplissement de cet acte? S'il était vrai que la paralysie du viscère entraînât le vomissement, pourquoi ne se serait-il pas produit dans les circonstances précédentes?

Pour que le vomissement soit possible, il suffit que le cardia et l'extrémité inférieure de l'œsophage soient relâchés, forcés, agrandis comme ces parties le sont, d'après toutes les observations, sur les chevaux qui ont vomi. La paralysie n'est pas une condition indispensable à l'exécution de cet acte; j'ajouterai même tout à l'heure qu'il est nécessaire qu'elle n'existe pas ; mais avant, il faut que je prouve ma première assertion par la voie expérimentale.

A un cheval qui venait de manger et de boire abondamment, j'ouvris l'œsophage et poussai avec force, du côté de l'estomac, une dizaine de litres d'eau avec de l'air ; puis j'incisai les parois abdominales, et comprimai énergiquement l'estomac pendant qu'un aide exerçait une forte traction sur le conduit œsophagien, au point de déterminer une douleur vive et d'exciter des efforts considérables analogues à ceux du vomissement. Alors l'œsophage, déjà distendu par l'injection et tiraillé, formait à son insertion un évasement qu'on pouvait distinctement sentir avec le doigt. Ce conduit soumis, d'une part, à cette extension ou à cette élongation forcée, et de l'autre, sollicité à se dilater par l'effort expansif des matières que contenait l'estomac violemment comprimé, finit par céder : sa plaie laissa sortir, en plusieurs fois, à peu près autant de matières délayées qu'il en faudrait pour remplir un verre. Ce résultat se reproduira probablement toutes les fois qu'on opérera dans de pareilles circonstances, c'est-à-dire en tiraillant l'œsophage déplacé et en exercant en même temps une forte compression sur l'estomac très dilaté. Il semble que cette expérience soit l'image de ce qui se passe lors des efforts de vomissement; car, d'un côté, les fibres longitudinales de l'œsophage produisent un raccourcissement, et d'un autre le diaphragme et les muscles abdominaux une pression analogue au raccourcissement et à la compression exercés par la main de l'expérimentateur. Il y a cependant encore loin de ce vomissement factice à celui qui s'effectue dans certaines indigestions, et lorsqu'il existe un jabot s'étendant jusqu'au conduit dilaté.

Il suffit donc, pour que le vomissement soit possible, que l'orifice supérieur de l'estomac se trouve relâché, et que les matières alimentaires y soient poussées par une pression extérieure. La paralysie qu'on suppose exister, et qu'on admet sans preuve démonstrative, contribuerait, si elle avait lieu, à rendre le vomissement difficile; de plus, elle finirait même par le rendre impossible.

En effet, si, lors des efforts de vomissement, l'estomac était paralysé, rien ne s'opposerait au passage des matières alimentaires et des liquides dans l'intestin, à travers un pylore large, béant et sans ressort. Lorsque les puissances auxiliaires auraient déjà comprimé quelque peu l'estomac, car elles font longtemps des tentatives infructueuses avant de déterminer la réjection, les liquides, et même les matières très délayées, seraient poussées dans l'intestin ; le viscère, progressivement désempli, deviendrait de moins en moins accessible à cette pression du diaphragme et des muscles abdominaux; les matières restées dans sa cavité seraient insensiblement tassées comme dans un pressoir, et bientôt leur état ne leur permettrait plus

de pénétrer dans l'orifice supérieur ; alors, il ne se présenterait plus à ce cardia, une fois forcé, qu'un tas d'herbes compacte, un hachis de fourrage. Et comment s'engagerait-il dans l'œsophage ?

Ne faut-il donc pas, de toute nécessité, que l'estomac se contracte à sa partie droite, à sa région pylorique, pour prévenir le passage dans l'intestin de la partie fluide de son contenu? Ne doit-il pas résulter de cette contraction ce qui est la conséquence de la dégénérescence cancéreuse du pylore, de la hernie étranglée, du volvulus, de l'invagination, c'est-à-dire l'impossibilité de l'écoulement des matières alimentaires et des liquides dans l'intestin ? Par le fait de cette contraction dans la partie droite, le réservoir conserve sa distension ; les aliments restent délayés et mêlés aux liquides. Ceux-ci sortent les premiers par le cardia, alors qu'il commence à céder ; ils entraînent des parcelles alimentaires dès que l'orifice est un peu ouvert et que la résistance est à demi vaincue ; enfin, les matières alimentaires délayées passent dès que la porte est largement ouverte, et elles sont chassées avec une violence proportionnée à la pression des puissances auxiliaires et à l'énergie de la contraction antipéristaltique, qui met obstacle au passage des matières dans l'intestin.

Telle est ma manière de voir en ce qui concerne le vomissement des solipèdes. Si elle n'est pas d'accord avec celle des auteurs qui ont, avant moi, disserté sur ce sujet, elle reste basée sur les faits observés et les expériences qu'il m'a été possible d'instituer. Les preuves que j'ai données à l'appui sont, je crois, plus nombreuses que celles qu'on a accumulées en faveur de la théorie contraire.

Dans un très long et très remarquable travail, M. Mignon (1) a fait dépendre le vomissement du cheval des quatre conditions suivantes : 1° la distension extrême de l'estomac ; 2° la paralysie de la tunique charnue du viscère ; 3° la dilatation du cardia et l'effacement de la cravate œsophagienne ; 4° enfin, le concours synergique de la puissance nerveuse et de l'action des muscles de l'abdomen. Or, de ces diverses conditions, plusieurs avaient été démontrées et d'autres restaient fort problématiques. Premièrement, tout le monde savait que le cheval ne vomit pas quand il a l'estomac vide, qu'il vomit lors des indigestions avec surcharge d'aliments ou de liquides qui ne peuvent passer dans l'intestin.. De plus, les expériences de M. Magendie avaient appris que cette distension, pour arriver à son maximum, nécessitait la déglutition d'une certaine quantité d'air. En second lieu, on avait dit, par hypothèse, que la distension de l'estomac entraînait la paralysie, comme pour la vessie et les autres organes creux ; on avait ajouté que cette paralysie, qui reste à démontrer, était le résultat des contractions violentes et souvent répétées de la membrane musculeuse du viscère, lesquelles sont une pure fiction ; de plus, le vomissement avait été constaté à la suite de la section des nerfs vagues, mais chez le chien, ce qui est une tout autre chose. En troisième lieu, la laxité, la dilatation du cardia avaient été notées par beaucoup d'observateurs ; du reste, elle devait être une conséquence nécessaire de la paralysie supposée. Enfin, dès l'instant que l'estomac était paralysé et mis, par conséquent, dans l'impossibilité de se débarrasser de son contenu, il fallait bien le concours synergique du diaphragme et des muscles abdominaux, concours dont on

(1) *Bulletin de la Société centrale de médecine vétérinaire*, 1847, t. II, p. 191, et *Recueil de médecine vétérinaire*, même année.

savait l'intervention indispensable si bien mise en évidence par les recherches successives de Bayle, de Chirac, de M. Magendie.

M. Mignon appuie cette théorie (que M. Renault revendique comme sienne) sur des expériences dont il ne cite que deux. La première est l'expérience antique de l'estomac détaché et plein d'eau, mais qui, cette fois, par une variante toute nouvelle, est attaché par le duodénum à un robinet : le viscère se distend, et l'eau finit par s'échapper à travers le cardia. La seconde est celle d'un cheval vivant auquel, après avoir injecté 2 grammes d'émétique dans la jugulaire, on ouvre l'abdomen afin de bien étudier l'état de l'estomac. Au bout de huit minutes, l'intestin étant enlevé, il survient des nausées, et l'on voit s'opérer des efforts de vomissement ; du moins, on prend pour tels, et l'on décrit avec de minutieux détails les convulsions d'un animal qui ne tarde pas à expirer.

III. DU VOMISSEMENT DES RUMINANTS.

Les ruminants ne vomissent pas habituellement, mais ils vomissent cependant quelquefois. Comment se fait-il que ce vomissement n'ait point lieu ordinairement, et qu'il se produise dans certains cas exceptionnels ?

En considérant la disposition de l'estomac, de l'orifice cardiaque et de l'extrémité inférieure de l'œsophage, on ne voit rien qui paraisse s'opposer à l'exécution de cet acte. Au contraire, tout ce qui le rend si facile chez les carnassiers se reproduit ici, même avec une certaine exagération : l'œsophage est large, ses parois sont minces, et son extrémité gastrique s'évase en infundibulum ; l'estomac occupe la plus grande partie de la cavité abdominale, et peut être facilement comprimé par le diaphragme et les muscles abdominaux. A quoi peut donc tenir le non-vomissement des animaux ruminants ?

Daubenton, Gilbert, Huzard, ont démontré que l'émétique à haute dose ne fait pas vomir le bœuf et le mouton. M. Flourens (1), dans de nouvelles expériences, a constaté que cette substance produit des nausées et des efforts, comme chez les autres animaux, sans cependant amener de vomissement effectif.

Ainsi, après l'administration de l'émétique en injection dans les veines, les animaux éprouvent des nausées sans résultat. De même, après l'établissement d'une fistule à la caillette, ils sont essoufflés, grincent les dents, se gonflent, et font des efforts de vomissement comme si on leur eût injecté de l'émétique dans les veines. Ils ne présentent pas ces phénomènes, alors que les fistules existent au premier estomac, et que le dernier est intact ; d'où il suit, d'après M. Flourens, que les causes provocatrices de la réjection agissent sur la caillette. Or, il faudrait, pour que le vomissement eût lieu, que les matières fussent poussées de la caillette dans le feuillet, de celui-ci dans le réseau, et du réseau dans la panse à travers des ouvertures dont les deux dernières sont fort étroites. Mais comme la contraction du quatrième estomac entraîne celle des autres, et partant, le resserrement de leurs ouvertures de communication, les aliments trouvent par le fait même de cette contraction un obstacle à leur cours rétrograde. On conçoit qu'il était très important, ajoute le savant phy-

(1) *Mémoires d'anatomie et de physiologie comparées*, p. 65.

siologiste, que tout fût disposé pour rendre la réjection du contenu de la caillette très difficile, réjection qui eût amené le mélange de celui-ci avec les aliments non ruminés.

Il semble que d'autres conditions encore, en expliquant la difficulté du vomissement de la caillette, impliquent la possibilité du vomissement de la panse.

La panse est presque toujours remplie d'aliments après le repas, la caillette ne l'est jamais complétement ; il peut y avoir très fréquemment indigestion de la panse, tandis qu'il n'y a sans doute jamais indigestion de la caillette, attendu que la rumination amène au dernier estomac les aliments en petite quantité et à mesure qu'ils peuvent être chymifiés. Les matières du premier réservoir, si elles sont délayées, peuvent, de même que les liquides et les gaz, franchir aisément le cardia et remonter l'œsophage. On voit que sur le cadavre, les matières fluides remplissent le conduit œsophagien et sortent par la bouche, pour peu que la tête soit dans une position déclive. Il y a, chez l'animal vivant, surtout après le repas et lors des indigestions, des éructations fréquentes qui, peut-être, entraînent des liquides avec des bouffées de matières alimentaires ; car, en appliquant l'oreille sur le trajet de l'œsophage, on entend à de fréquents intervalles des bruits qui paraissent indiquer de semblables réjections.

Il est facile de concevoir que ces matières, une fois arrivées à la bouche, soient immédiatement dégluties comme le sont celles qui reviennent normalement à cette cavité lors de la rumination. On peut même comprendre que, parvenues au pharynx, elles soient immédiatement renvoyées à l'estomac, car un corps introduit dans l'arrière-bouche est avalé aussi aisément que s'il était d'abord engagé dans la cavité buccale. C'est ce qu'on voit lorsqu'on porte des boules ou des morceaux de racines dans le pharynx à l'aide de longues pinces. Il en est encore ainsi pour tous les corps étrangers que l'on engage dans la trachée : une grenouille introduite dans ce canal, dont on referme aussitôt la plaie, est bientôt chassée dans le pharynx, et de là dans l'œsophage.

La possibilité d'une réjection de la panse se conçoit d'autant mieux que les matières alimentaires, au niveau du cardia, sont déjà fortement humectées, et qu'elles peuvent se mêler aux liquides du réseau. La division extrême de ces matières, qui a été observée dans certaines circonstances, n'est point un argument contre l'idée que j'émets ici, car il peut très bien arriver que les matières rejetées n'aient pu, après une seconde mastication, parvenir à la caillette par suite d'un obstacle à leur passage, obstacle qui serait devenu la cause provocatrice du vomissement.

De ce que la réjection peut s'opérer sans de grandes difficultés, il ne faudrait pas croire que rien ne soit disposé pour la prévenir. Le cardia, si large, est constamment contracté sur l'animal vivant ; l'extrémité inférieure de l'œsophage, si mince et si faible qu'elle paraisse, se resserre énergiquement ; le doigt de l'expérimentateur s'y engage avec peine et s'y trouve fortement comprimé ; les petites pelotes de fourrage qu'on cherche à y faire pénétrer sont repoussées aussitôt avec une violence qu'on ne soupçonnerait pas à l'aspect des parties ; de plus, les piliers du diaphragme opèrent aussi sur le canal une utile pression, et précisément dans des circonstances où l'estomac est lui-même comprimé, c'est-à-dire lors de l'inspiration et au moment des grands efforts musculaires.

Quoi qu'il en soit, les ruminants vomissent quelquefois. Tout porte à croire, d'après les observations connues, que les matières expulsées viennent du rumen, de telle sorte, dit M. Flourens, qu'alors il y a plutôt une réjection ordinaire viciée qu'un véritable vomissement. Girard (1) a vu une vache météorisée vomir une quantité considérable d'herbes et se trouver immédiatement soulagée : le vomissement devint, par la suite, habituel chez cet animal. M. Santin a observé un bœuf qui, après avoir mangé avec avidité, rendait au bout d'un certain temps une partie de son repas, puis continuait à manger comme auparavant. M. Cruzel cite l'exemple d'un bœuf qui, de temps en temps, suspendait la rumination, qu'il reprenait presque aussitôt après avoir rejeté jusqu'à dix litres de matières liquides et parfaitement triturées. Le vomissement a été constaté aussi chez le mouton météorisé par M. Yvart, et il l'a été par Bernard dans le cas de cancer de la caillette.

CHAPITRE XXVIII.

DE LA DIGESTION GASTRIQUE.

La plupart des actes digestifs effectués jusqu'ici sont des actes mécaniques purement préparatoires : l'aliment a été saisi, porté à la bouche, apprécié par le sens du goût, broyé, imprégné de salive, et, chez certains herbivores, ramené à la bouche pour y être ruminé. Une fois cet aliment parvenu à l'estomac, il va subir, après un séjour plus ou moins prolongé, des modifications dans ses propriétés physiques et dans sa nature ; en un mot, il va éprouver ce qu'on appelle la *transformation chymeuse* ou la *chymification*.

L'organe dans lequel s'opère cette conversion n'est pas distinct, chez tous les animaux, du reste de l'appareil digestif. Lorsqu'il apparaît, c'est sous la forme d'un renflement irrégulier, sans démarcation bien nette à ses deux extrémités. Mais déjà, parmi les mollusques supérieurs et les articulés, il se circonscrit parfaitement et se divise même parfois en plusieurs compartiments. Il reste longitudinal et ovoïde chez les poissons, devient transversal chez la plupart des reptiles, acquiert une complexité remarquable chez les oiseaux ; enfin, il arrive à offrir une grande diversité de formes dans les mammifères et notamment parmi les espèces herbivores. Les modifications diverses de sa configuration et de sa structure entraînent incontestablement des variations plus ou moins grandes dans les actions digestives, variations qu'il nous faudra rechercher, en ce qui concerne nos espèces domestiques.

Examinons donc ce qui va se passer, dans le viscère, à partir du moment où il se remplit jusqu'à celui où il se débarrasse des aliments qu'il a élaborés. Ici, l'analyse des phénomènes devient difficile : ceux-ci, tout à fait inaccessibles à l'observation directe, ne peuvent être appréciés sans le secours des expériences; mais, pour faire une étude complète de la fonction, envisageons-la d'abord d'une manière générale,

(1) *Anatomie vétérinaire*, 4e édit., t. II, p. 583.

c'est-à-dire dans ce qu'elle a de commun à tous les animaux, puis nous la suivrons successivement dans ses principaux détails, chez les carnassiers, les solipèdes, les ruminants et les oiseaux.

I. DE LA DIGESTION GASTRIQUE EN GÉNÉRAL.

Pour embrasser la série des phénomènes qui se passent dans l'estomac lors de la digestion, il faut examiner : 1° l'accumulation des aliments dans ce viscère et les changements qui en sont la conséquence ; 2° la sécrétion du suc gastrique, sa composition, ses propriétés ; 3° les changements qu'il fait subir aux matières alimentaires ; 4° l'élimination graduelle de celles-ci ou leur passage dans l'intestin ; 5° enfin, l'influence nerveuse qui préside à ces diverses actions.

§ I. — De l'accumulation des aliments et des liquides dans l'estomac.

Si l'abstinence a duré un certain temps, l'estomac s'est débarrassé de son contenu ; il est revenu plus ou moins complétement sur lui-même, suivant les animaux. Cet organe s'est réduit chez le chien et les autres carnivores à un très petit volume ; il s'est ramassé en un ovoïde irrégulier ; sa muqueuse s'est fortement plissée ; sa cavité, à peu près oblitérée, n'a conservé que quelques mucosités neutres ou alcalines. Il s'est moins affaissé chez le porc, et sa cavité y a retenu un liquide trouble, jaunâtre, de teinte bilieuse, et quelques gaz fétides. Il s'est encore bien moins resserré chez les solipèdes; sa portion gauche ou splénique, très contractée, s'est réduite à de faibles dimensions ; sa partie droite, moins rapetissée, a conservé une dilatation notable dans laquelle est resté en dépôt quelque peu de liquide mêlé à la salive déglutie pendant l'abstinence.

L'estomac, étant dans cet état, se dilate insensiblement dès que les aliments y sont poussés ; il change de position et de rapports, et éprouve quelques modifications remarquables qui ne sont point identiquement les mêmes pour tous les animaux.

Les aliments ne se disposent et ne s'accumulent pas très régulièrement dans ce viscère, comme on serait porté à le croire. Lorsque le cheval a pris, dans un même repas, et successivement, plusieurs substances faciles à distinguer, comme de l'avoine, du foin, de la paille, de l'herbe verte, des racines, etc., on ne trouve pas toujours le premier aliment vers le pylore, le second un peu en deçà, le troisième encore plus rapproché de la partie gauche, et ainsi de suite. Il arrive souvent que l'aliment le premier mangé, le foin, par exemple, occupe le cul-de-sac gauche, la grande courbure, tandis que le plus récemment ingéré, surtout s'il est mou et de digestion facile, forme une traînée qui suit la petite courbure, depuis le niveau du conduit jusque près du pylore, traînée qui s'étend en dehors de la masse primitive sur les faces de l'estomac, et parvient même à la grande courbure. Il est facile de s'assurer de ce fait en donnant à un cheval qui vient de manger une quantité considérable de foin un peu d'avoine ou d'herbes tendres. Si on le tue une demi-heure ou une heure après le repas, on trouve l'avoine ou l'herbe à la petite courbure, depuis le cardia jusqu'à l'orifice pylorique ; le premier aliment fût-il consommé dès la veille, il se trouve confiné à l'extrémité gauche et à la grande courbure de l'organe. Lorsque

le travail digestif a commencé, les aliments se mêlent ensemble, s'ils sont mous et peu tassés; ils se mêlent encore bien mieux si l'animal vient à boire une certaine quantité de liquide. Les choses ne se passent pas de la même manière après la section des nerfs vagues qui paralyse à peu près complétement l'estomac. Dans ce dernier cas, les aliments se disposent suivant l'ordre de leur arrivée : les premiers longent la grande courbure et remplissent le sac gauche, les autres forment des couches parallèles à la petite courbure, et d'autant plus rapprochées du cardia qu'elles appartiennent à des substances mangées plus récemment; jamais il n'y a de mélange, pour peu que les aliments ne soient pas diffluents. Ce fait, qui se reproduit constamment, a porté quelques observateurs à croire qu'il devait être tel dans les circonstances ordinaires.

L'ordre suivant lequel les aliments s'accumulent dans l'estomac ne paraît pas être très régulier chez les carnivores; il semble que chez ces derniers les matières alimentaires se mêlent plus aisément que les fourrages, les racines et les graines. Néanmoins on constate que si le chien ou le chat mange presque en même temps de la chair crue et de la bouillie, par exemple, les deux substances, après s'être mélangées, se séparent en grande partie; la dernière, cédant mieux à la pression du viscère, passe avant l'autre dans l'intestin.

L'accumulation des aliments dans l'estomac n'a d'autres limites possibles que les limites mêmes de la dilatabilité du viscère. Mais la capacité de celui-ci est, comme on le sait, fort variable et très peu en rapport avec la taille des animaux. Elle est considérable chez les carnivores, car l'estomac des chiens de moyenne stature contient de 2 à 3 litres, et celui des chiens de grande taille, jusqu'à 8 à 10 litres; elle est moindre proportionnellement chez le porc, où elle ne s'élève, terme moyen, qu'à 7 à 8 litres; elle est encore plus faible chez le cheval, dont le petit estomac contient ordinairement de 16 à 18 litres, c'est-à-dire tout au plus de la dixième à la douzième partie de la capacité de l'intestin. Chez les ruminants, les quatre compartiments de l'organe acquièrent un si grand développement que leur capacité peut s'élever à 290 litres, lorsqu'ils sont dilatés par les aliments ou les gaz.

Il faut bien distinguer, toutefois, la capacité possible, l'aptitude à contenir, de la contenance effective; car, de ce que tel estomac peut, étant excessivement dilaté, recevoir une quantité déterminée d'aliments, il ne faut pas en inférer qu'il les contienne habituellement, après un repas abondant. Un cheval qui vient de manger sa demi-ration journalière, n'a guère dans ce viscère que de 8 à 10 kilogrammes d'aliments, s'il n'a pas encore bu ou s'il s'est abreuvé depuis un certain temps. Un cheval qui meurt d'indigestion n'a souvent que de 12 à 15 kilogrammes de matières plus ou moins tassées. Les ruminants gardent toujours dans leur réservoir gastrique des quantités fort considérables de matières alimentaires, quelle qu'ait été la durée de l'abstinence avant la mort. Ainsi, une vache de très petite taille, morte à la suite d'une maladie de longue durée, conservait encore dans ses trois premiers compartiments gastriques 65,000 grammes d'aliments très secs et fortement tassés. Une seconde, après quatre jours d'abstinence à peu près complète, en avait environ 42,000 grammes; j'en ai trouvé 61,000 chez une vache qui succomba à la suite d'une paraplégie 66,000 sur une en très bonne santé, qui fut tuée après un jeûne de deux jours; 97,000 sur une vache tuée dans les circonstances ordinaires; 98,000 sur un

taureau ; et 105,000 sur une vache de très grande taille qui digérait parfaitement.

L'estomac des carnivores reçoit des quantités considérables d'aliments à la fois. Un chien de taille au-dessous de la moyenne, après avoir jeûné vingt-quatre heures, mange souvent, en un instant, 1,500 à 2,000 grammes de chair, et un chien de haute stature, dans les mêmes conditions, en prend aisément de 2 à 3,000.

A mesure que les aliments arrivent dans l'estomac, le viscère se distend, mais d'une manière tout à fait passive, comme le font la vessie, la vésicule biliaire, etc.; il change de forme, de position et de rapports : l'état de ses vaisseaux, de sa muqueuse et de ses autres tuniques éprouve quelques modifications remarquables.

La distension du réservoir résulte de l'arrivée graduelle des bols alimentaires et des ondées de liquide qui sont poussés à l'orifice cardiaque par les contractions très énergiques de la partie inférieure de l'œsophage ; elle a lieu de telle sorte que les parois du viscère restent appliquées sur son contenu, dans les points où il n'y a pas, avec les aliments, une certaine quantité de gaz dégagés de la masse ; car il y en a toujours, comme on le sait, qui sont emprisonnés entre les parcelles alimentaires. Elle n'arrive à son terme qu'au bout d'un temps plus ou moins long et bien après le repas ou à la suite de l'ingestion précipitée d'une grande masse d'eau.

Les trois tuniques de l'organe ne concourent pas de la même manière à son ampliation. La séreuse, peu adhérente à la petite et surtout à la grande courbure, glisse aisément sur la surface externe de l'estomac, s'agrandit aux dépens de l'épiploon spléno-gastrique, et aussi par le fait de sa propre extensibilité qui est plus prononcée qu'on ne le pense généralement. La musculeuse qui, lors de la vacuité du réservoir, était épaisse, et dont les fibres étaient rassemblées en gros faisceaux sur le sac gauche, s'amincit considérablement ; ses faisceaux s'écartent les uns des autres, et perdent leurs sinuosités ; ses fibres s'allongent, acquièrent du ressort et de la tension. La muqueuse change aussi d'aspect ; ses plis s'effacent ; sa surface interne devient unie ; enfin, son tissu éprouve une extension très appréciable à partir du moment où les plis et les rides se sont effacés. Le jeu des membranes gastriques est alors facilité par la laxité du tissu cellulaire des deux courbures, et surtout par celle de la couche si extensible et en même temps si résistante qui unit la tunique charnue à la muqueuse.

Les vaisseaux gastriques qui étaient flexueux pendant l'abstinence, se redressent, s'étendent et se prêtent ainsi, de même que les nerfs, sans être tiraillés, au changement de volume qu'éprouve le viscère. La circulation y devient plus active et y amène une quantité de sang supérieure à celle qu'elle entraîne lors de la vacuité de l'organe : mais peut-être est-elle un peu gênée, par suite de la compression que les tuniques exercent sur les veines et les artères.

L'estomac change de forme. Vide, il offrait un étranglement marqué entre ses deux sacs dont le gauche était petit et affaissé, tandis que le droit conservait une certaine dilatation, du moins dans les solipèdes. A mesure que cet organe se remplit, son étranglement diminue et disparaît presque entièrement ; le sac gauche arrive insensiblement au volume de l'autre qu'il ne tarde pas à dépasser ; enfin, l'organe prend la configuration d'ensemble qu'on lui voit lorsqu'il est distendu artificiellement sur le cadavre. Il change de position. Lors de la vacuité, sa partie pylorique restait fixée vers la scissure postérieure du foie, la splénique en arrière du

diaphragme, au-dessus du lobe gauche du foie, et en avant du rein correspondant. En se remplissant, il se porte en dehors de la ligne médiane ; sa face antérieure couvre une partie du foie et s'applique, dans le reste de son étendue, sur la région gauche du diaphragme, de telle sorte que la grande courbure se rapproche de l'hypochondre gauche et le cul-de-sac gauche de la partie supérieure du flanc. Alors, cette grande courbure figure un croissant qui part de la partie supérieure du flanc, suit l'hypochondre gauche et arrive au niveau de la scissure postérieure du foie. En arrière, l'estomac se met en rapport avec ce qu'on appelle la courbure gastrique du côlon. Dans tous les cas, quelle que soit sa réplétion, le viscère ne vient jamais, chez les solipèdes, se mettre en contact avec les parois inférieures de l'abdomen ; il est toujours séparé de celles-ci par la courbure sus-sternale du côlon et une partie de la courbure gastro-diaphragmatique. Il n'en est point ainsi chez les carnivores. L'estomac de ces animaux touche en haut à la région lombaire, dépasse de beaucoup en arrière les hypochondres et vient inférieurement reposer sur les parois abdominales.

Par suite de la réplétion du réservoir gastrique, la rate se déplace et se trouve entraînée à gauche ; les intestins sont un peu refoulés en arrière et légèrement comprimés, comme les autres organes abdominaux, d'où naît le besoin de la défécation et de l'excrétion de l'urine ; la vésicule biliaire commence à se vider, le diaphragme est moins libre dans sa projection en arrière, la respiration est un peu gênée, la faim se calme et la satiété lui succède ; le sang se concentre à l'intérieur ; il survient parfois des frissons, notamment à la suite de l'ingestion d'une grande quantité d'eau froide ; l'économie tout entière semble prendre part au travail digestif ; l'animal devient lourd ; il manifeste de la tendance au repos et à la somnolence. Mais, à cet égard, toutes les espèces n'éprouvent pas les mêmes effets de la présence des aliments dans l'estomac ; le bœuf pousse des soupirs, éprouve de fréquentes éructations, se couche et ne tarde pas à ruminer ; le chien se couche aussi et s'endort comme le chat et le porc ; les reptiles tombent dans une torpeur remarquable ; les serpents se roulent en spirale, ne cherchent plus à attaquer, refusent même de se défendre contre des provocations qui les rendraient terribles dans d'autres circonstances.

§ II. — Des modifications éprouvées par les aliments dans l'estomac.

Les matières alimentaires accumulées dans l'estomac ne tardent pas à y prendre la température normale du corps ; elles y sont mises en mouvement par les contractions du viscère, et pénétrées par un liquide spécial connu sous le nom de suc gastrique. Après un séjour plus ou moins prolongé, elles éprouvent certains changements à la suite desquels elles passent dans l'intestin. Examinons d'abord l'agent de la chymification, puis nous rechercherons la nature des modifications qu'il fait subir aux aliments.

Réaumur (1), après ses belles expériences sur la digestion des gallinacés, était arrivé à reconnaître que, chez les oiseaux à estomac mince et membraneux, les aliments devaient être digérés par le secours d'un dissolvant spécial dont il n'avait

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1752, p. 266.

pas d'abord soupçonné la nécessité. L'existence de ce dissolvant entrevue par l'illustre académicien fut démontrée plus tard par les recherches ingénieuses et non moins célèbres de Spallanzani. On sait aujourd'hui que ce fluide est l'agent essentiel de la chymification chez tous les animaux.

Il est plusieurs moyens de constater la sécrétion de ce suc et de le recueillir pour en déterminer les caractères et les propriétés.

Le premier, imaginé par Réaumur (1), consiste à faire avaler à un oiseau de proie une petite sphère métallique creuse dans l'intérieur de laquelle se trouve engagée une petite éponge. La sphère est vomie au bout d'un séjour plus ou moins prolongé dans l'estomac, et l'éponge est imprégnée de suc gastrique qu'on en sépare par expression. Réaumur obtint de cette manière, et en une seule fois, sur une buse, jusqu'à 2 grammes et demi de liquide.

Le second procédé, employé par Spallanzani et, plus tard, par d'autres expérimentateurs, est aussi simple que le précédent. Il consiste à faire avaler à des animaux de petites éponges purifiées, retenues à l'aide d'un ruban ou d'une petite ficelle, éponges que l'on retire dès qu'on les suppose suffisamment imprégnées de liquide. Ce moyen élégant est d'un usage très facile chez les oiseaux et même chez les carnivores ; il convient parfaitement pour recueillir le suc destiné aux digestions artificielles; mais il ne permet pas d'obtenir un produit très pur, puisque l'éponge en traversant l'arrière-bouche et l'œsophage balaie les mucosités qui adhèrent à leur surface interne; néanmoins cet inconvénient peut être évité si elle est enfermée dans une petite boule métallique. Le procédé de Spallanzani a encore un désavantage : si la petite éponge s'arrête dans l'œsophage, au-dessus du ventricule succenturié, elle s'imbibe d'un fluide alcalin ou neutre qui n'est point le suc gastrique ; si elle séjourne là, un certain temps, avant d'arriver au second ou au troisième estomac, elle se trouve imprégnée d'un mélange de fluide neutre et de suc gastrique.

Un troisième moyen a été proposé par MM. Tiedemann et Gmelin. Par celui-ci on prend le suc gastrique dans l'estomac des animaux, qu'on sacrifie, après leur avoir fait avaler des cailloux ou des substances irritantes peu solubles dont la composition est déterminée.

Enfin un quatrième procédé, imaginé par M. Blondlot, permet de se procurer ce suc très facilement et dans une foule de conditions diverses. On fait à l'estomac une fistule dont les bords sont fixés à ceux de la plaie des parois abdominales, puis on ajuste dans cette fistule, afin de la maintenir béante, une canule d'argent à deux rebords, l'un en dedans, l'autre en dehors. Dès que le chien est guéri, on peut, avec le secours d'une sonde engagée dans l'ouverture, recueillir des quantités considérables de liquide.

De tous ces procédés le dernier est préférable, car il permet d'obtenir du suc gastrique presque pur, mélangé seulement à un peu de salive visqueuse que l'estomac a reçue pendant les intervalles du repas et à quelques mucosités, mais celles-ci peuvent s'en séparer par le repos et la filtration.

Le suc gastrique que l'on obtient ainsi est sécrété dans toute l'étendue de l'es-

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1752, p. 483.

tomac simple des carnivores, dans la plus grande partie de l'estomac du porc et du sanglier, moins la petite surface recouverte d'une muqueuse blanche à épithélium pavimenteux ; il est sécrété seulement dans le sac droit de l'estomac des solipèdes, dans la caillette des ruminants, le ventricule succenturié et le gésier des oiseaux, comme nous le prouverons plus tard. Enfin il paraît exhalé dans les compartiments qui, chez les animaux polygastriques, sont tapissés par une muqueuse molle, très vasculaire, dépourvue d'épithélium appréciable et enduite d'une couche de mucosités.

Il paraît être sécrété par de petites glandes microscopiques placées dans l'épaisseur de la membrane interne. Les anatomistes en ont signalé deux espèces qui ne sont, probablement, que deux formes de glandes d'une nature identique. Les premières, ou les glandes en tube, sont longues, étroites, un peu sinueuses, pressées les unes contre les autres : leurs orifices rapprochés donnent à la muqueuse l'aspect d'un crible. Ces petites glandes, décrites par Galeati, et étudiées récemment par Lacauchie, sont fort distinctes dans le sac droit de l'estomac du cheval. Les secondes, sur lesquelles Henle et Bischoff ont donné d'intéressants détails, sont les glandes en grappes ; elles constituent de petits tuyaux qui diffèrent des premiers en ce qu'ils sont étranglés de distance en distance comme s'ils étaient formés par une série de petites cellules : on en a signalé l'existence dans l'estomac du porc, du chien et du lapin. Indépendamment de ces deux ordres de glandes, il existe dans l'épaisseur de la membrane interne des corpuscules en croissant, sur la nature glanduleuse desquels on n'est pas encore fixé. Bien que, d'après les recherches de M. Gruby, ils soient propres à la muqueuse gastrique, rien n'autorise à les regarder comme les agents de la sécrétion du suc gastrique.

Les follicules qui se voient à la surface libre de la membrane interne, et que tous les anciens auteurs ont indiqués, sont très probablement étrangers à la sécrétion du suc gastrique : leur rôle se réduit, comme Duverney l'avait soupçonné, à produire du mucus. C'est ce mucus, si abondant sur toute l'étendue de la face interne de l'estomac des carnivores et du côté droit chez les solipèdes, qui préserve la muqueuse du contact du suc gastrique. Il était indispensable que le dissolvant qui liquéfie si rapidement le contenu de l'estomac n'attaquât point les parois du vase qui le renferme.

La sécrétion du suc gastrique, qui était suspendue alors que l'estomac restait vide, s'établit dès que les aliments parviennent dans sa cavité ; elle se fait même lorsque des substances insolubles, des cailloux par exemple, et des matières excitantes, telles que le poivre, le girofle, le sel marin, sont ingérées dans le viscère. Sous l'influence du contact des aliments, la muqueuse stomacale se gonfle, prend une teinte rosée et laisse sourdre à sa surface de petites gouttelettes de suc gastrique, qu'il est facile de voir en ouvrant l'estomac d'un animal vivant, en pleine digestion. M. Blondlot (1) a reconnu que les substances non digestibles sont loin d'exciter une exhalation aussi abondante de ce liquide que les matières alimentaires ; il a vu que les alcalis l'activent sensiblement, que les acides au contraire la ralentissent. De plus, il s'est assuré que certaines substances très irritantes, au lieu de

(1) *Traité analytique de la digestion*, Paris, 1843.

stimuler la sécrétion du suc gastrique, déterminent seulement une hypersécrétion de mucus.

Le suc gastrique, sécrété consécutivement à l'excitation produite sur la membrane muqueuse par les aliments ou les corps étrangers de diverse nature, est constamment acide. Réaumur (1) avait déjà noté que celui d'un oiseau de proie rougissait le papier bleu de tournesol ; Spallanzani avait fait plusieurs fois la même remarque sur divers animaux ; enfin MM. Leuret et Lassaigne, Tiedemann et Gmelin, s'assurèrent, sur un grand nombre de mammifères, d'oiseaux, de reptiles et de poissons, que toujours ce liquide jouissait d'une réaction acide plus ou moins prononcée : il ne peut aujourd'hui rester le moindre doute à cet égard. Tout ce qu'on a dit de l'acidité du suc gastrique chez les herbivores seulement, de son alcalinité chez les carnivores, de sa réaction variable suivant la nature des aliments, est complétement faux. Ce serait une peine bien superflue que de relever à cet égard l'erreur de Haller, les illusions fréquentes de Spallanzani et celles de plusieurs observateurs modernes. Il suffit, pour s'expliquer les dissidences des auteurs sur un point si facile à éclaircir, de se rappeler qu'autrefois on considérait comme du suc gastrique le liquide neutre ou alcalin qui reste en dépôt dans l'estomac pendant l'abstinence, le fluide que certaines personnes vomissaient à jeun, celui qui se trouve dans les premiers estomacs des ruminants. Évidemment lorsque Spallanzani prenait dans le rumen ou dans le réseau du mouton un liquide trouble, verdâtre, qu'il croyait être du suc gastrique et avec lequel il tentait des digestions artificielles, l'ingénieux expérimentateur pouvait bien dire que ce prétendu suc gastrique n'avait point d'acidité. Il en était de même lorsque la petite éponge qu'il faisait avaler à des oiseaux, ne parvenant pas jusqu'au ventricule succenturié, s'imprégnait des fluides exhalés par la muqueuse œsophagienne.

L'acidité du suc gastrique a été attribuée à l'acide phosphorique par Vauquelin, à l'acide chlorhydrique par Tiedemann et Gmelin, à l'acide lactique par MM. Chevreul, Leuret et Lassaigne, et enfin assez récemment au phosphate acide de chaux par M. Blondlot, qui a nié dans ce liquide l'existence d'un acide libre. Ce dernier expérimentateur, ayant constaté que le suc gastrique ne fait point effervescence quand on y projette du carbonate de chaux pulvérisé et que le produit de sa distillation est dépourvu d'acidité, s'est cru fondé à y nier la présence d'un acide libre, car, d'après lui, si cet acide existait, il devrait se volatiliser par l'action de la chaleur et se substituer à l'acide carbonique pour se combiner avec la chaux. MM. Bernard et Barreswil ont, depuis quelques années, présenté de nouveau l'acide lactique comme le principe de l'acidité du suc gastrique. Ils ont reconnu que ce suc, en agissant sur divers oxydes, tels que la baryte, la chaux, les oxydes de cuivre et de zinc, donne lieu à la formation de lactates qui possèdent les caractères distinctifs de ces sels obtenus par les moyens ordinaires.

La composition du suc gastrique déterminée par plusieurs chimistes est assez complexe. D'après les résultats des diverses analyses, il est facile de voir qu'on n'a pas toujours examiné un liquide également pur. Tiedemann et Gme-

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1752, p. 483.

lin (1), qui ont spécialement étudié celui du cheval et du chien, y ont trouvé de l'acide chlorhydrique, de l'acide acétique et quelquefois de l'acide butyrique, de l'osmazôme, de la matière salivaire, du mucus, des chlorures et des sulfates alcalins, du carbonate et du phosphate de chaux, du chlorure de calcium et de magnésium, de la magnésie, des oxydes de fer et de manganèse, de l'acétate d'ammoniaque, etc. Mais il faudrait bien se garder de voir là les éléments du suc gastrique. Les expérimentateurs allemands, après avoir donné des cailloux à des chevaux à jeun qu'ils tuaient au bout de quelques heures, obtenaient un produit hétérogène dans lequel se trouvaient, avec du suc gastrique, la salive déglutie pendant l'abstinence et un reste des liquides que les animaux avaient bus avant l'expérience : aussi n'est-il pas étonnant que leur analyse indique les éléments de la salive, ceux du suc gastrique et certains sels des aliments et de l'eau dont s'abreuvaient leurs sujets d'expériences. Il eût fallu, pour obtenir du suc gastrique pur chez les solipèdes, commencer par débarrasser l'estomac de la quantité considérable de liquide qu'il contient toujours, quelle qu'ait été la durée de l'abstinence.

MM. Leuret et Lassaigne (2), qui ont recueilli le suc gastrique du chien, du crapaud, de la grenouille et du canard, ont analysé celui du premier de ces animaux dont l'estomac ne conserve pas, pendant l'abstinence, comme celui des solipèdes, du moins en quantité notable, de la salive et des liquides. Ils lui ont trouvé la composition suivante : eau, 98 ; acide lactique, chlorhydrate d'ammoniaque, chlorure de sodium, matière animale soluble dans l'eau, mucus et phosphate de chaux, 2. Enfin M. Blondlot, qui a examiné plusieurs fois le suc gastrique qu'il obtenait chez le chien par son ingénieux procédé, y a trouvé quatre-vingt-dix-neuf parties d'eau et une partie de phosphate acide de chaux, de phosphate d'ammoniaque, de chlorure de calcium, de principe aromatique, de matière animale particulière et de mucus.

Indépendamment des principes qui viennent d'être indiqués, le suc gastrique contient encore une matière animale particulière, qui lui donne la propriété de dissoudre et de métamorphoser les substances animales. Ce principe actif, connu sous le nom de *pepsine*, se trouve dans le suc gastrique, dans le mucus qui recouvre la membrane interne de l'estomac, et aussi dans le tissu de cette membrane elle-même. On l'obtient en traitant par l'eau distillée la muqueuse préalablement lavée. Après une macération de quelques heures, le liquide est filtré, concentré, puis mêlé à une certaine quantité d'alcool qui précipite la pepsine. Celle-ci étant desséchée, peut se conserver fort longtemps avec toutes ses propriétés : alors il suffit d'en mêler une proportion fort minime avec l'eau pour obtenir un suc gastrique artificiel qui dissout très vite les substances albuminoïdes.

On a encore trouvé dans le suc gastrique, ou dans le tissu de la muqueuse de l'estomac, deux autres matières qui jouissent de la même action que la pepsine. Il est très probable qu'elles ne sont, comme on l'a dit du reste, que de la pepsine plus ou moins pure : aussi ne voit-on pas bien la nécessité de les faire connaître sous des dénominations différentes.

Maintenant que nous connaissons l'agent essentiel de la chymification, il faut

(1) *Recherches expérimentales sur la digestion*, 1re partie, p. 166.
(2) *Ouvr., cité*, p. 112.

chercher à déterminer l'action qu'il exerce sur les matières alimentaires, et les modifications spéciales qui en résultent.

Pendant fort longtemps on s'est fait des idées très fausses sur la nature des changements que la digestion fait éprouver aux aliments. On a, tour à tour, considéré cette fonction comme une sorte de coction, de putréfaction, de fermentation, de trituration, avant qu'on eût reconnu l'existence et les propriétés du suc gastrique. A l'époque où Spallanzani entreprit ses expériences, devenues depuis si célèbres, ces idées comptaient encore un grand nombre de partisans : Boerhaave avait présenté une doctrine qui conciliait toutes les opinions proposées jusqu'alors ; Haller n'avait pu sortir du chaos des théories contradictoires admises avant lui. Réaumur seul, après avoir constaté que, chez les animaux à estomac membraneux, l'action d'un dissolvant spécial doit tenir lieu de la trituration qu'il avait si clairement démontrée chez les oiseaux granivores, Réaumur était entré dans la voie qui devait conduire ses successeurs à de si belles découvertes.

Spallanzani, en établissant que la digestion s'opère par la dissolution des aliments dans le suc gastrique, prit à tâche de démontrer que les idées émises avant lui étaient de pures fictions. Il n'est pas nécessaire aujourd'hui d'ajouter de nouveaux arguments à ceux que le physiologiste italien avait rassemblés avec tant de soin pour saper les doctrines de ses devanciers et de ses contemporains. Les vieilles théories de la digestion, si peu fondées qu'elles fussent, avaient cependant au fond quelque chose de vrai. L'idée d'attribuer les modifications subies par les aliments, soit à une coction, soit à une fermentation, soit à une trituration, reposait sur la croyance que ces aliments devaient être, pour devenir assimilables, préalablement réduits à un état de division extrême, et c'est ce qu'exprime très nettement Galien (1), lorsqu'il dit qu'aucune particule alimentaire ne doit sortir de l'estomac si elle n'a pas été liquéfiée : aussi, pour lui, le terme de *coction* qu'on a toujours trouvé si vague, indique-t-il la liquéfaction des matières alimentaires. La fermentation proposée plus tard était un autre moyen d'obtenir cette liquéfaction : on sait qu'elle n'a point lieu, car elle s'accompagnerait d'un dégagement considérable de gaz et donnerait naissance à des produits dont la plupart seraient peu aptes à la reconstitution des fluides nutritifs. La putréfaction qui devait, dans l'opinion des anciens, conduire au même but, n'est pas possible à l'intérieur de l'estomac. Les aliments séjournent trop peu de temps dans ce viscère pour que la décomposition putride s'en empare, et ils sont mis en contact avec un liquide qui, au lieu de favoriser celle-ci, la retarde et la suspend ; du reste, les nombreuses expériences de Spallanzani montrent bien que l'état des aliments ingérés dans l'estomac, ou soumis à l'action du suc gastrique, éloigne toute idée d'une altération putride. La trituration sur laquelle les recherches de Borelli, des académiciens de Florence, et celles de Réaumur, avaient si vivement fixé l'attention, n'est évidemment qu'un acte préliminaire qui s'effectue seulement dans le gésier des gallinacés, et qui n'est nullement nécessaire pour les matières animales : cette opération, purement mécanique, ne peut que faciliter l'action du suc gastrique sur les matières alimentaires. Spallanzani était donc bien inspiré lorsque, se dégageant du cercle vicieux dans lequel se mouvaient les phy-

(1) *Œuvres* (trad. de M. Daremberg), *De l'utilité des parties*, ch. VII, p. 290 ; ch. XVII, p. 324.

siologistes de son temps, il entreprit cette longue série d'expériences qui lui démontrèrent que, chez la généralité des animaux, le phénomène essentiel de la digestion stomacale consiste en une dissolution des aliments dans le suc gastrique. Les recherches tentées depuis n'ont fait que confirmer ce résultat qui est le point de départ de nos connaissances actuelles.

Les aliments, parvenus dans l'estomac, s'y modifient, et leur modification paraît être le résultat de la sécrétion plus ou moins abondante du suc gastrique que leur présence détermine. Chez les herbivores, cette acidité peut tenir, en partie, à la formation d'acide lactique aux dépens du sucre que contiennent les herbes, les fruits et les racines, ou aux dépens de la fécule convertie en glucose sous l'influence de l'insalivation. On sait que, en effet, le sucre mis en contact avec des membranes ou avec des substances azotées, éprouve très facilement la transformation lactique. Mais tout porte à croire que ce phénomène contribue peu à l'acidification des aliments, car s'il avait lieu, dans des limites un peu étendues, le contenu de a panse et du réseau des animaux ruminants ne serait pas habituellement neutre ou alcalin : du reste, il doit être étranger au changement de réaction des matières animales qui ne renferment pas de sucre au nombre de leurs éléments constitutifs.

Ces aliments, déjà plus ou moins pénétrés par la salive et enduits de mucosités, se gonflent, s'hydratent, se ramollissent et se délaient en même temps qu'ils s'imprègnent de suc gastrique dont ils partagent la réaction. Leurs principes solubles, le sucre, le mucilage, les gommes, les sels, entrent en dissolution. Les matières amylacées, les graisses, ne paraissent pas éprouver ici de modifications bien sensibles ; mais nous verrons bientôt en quel point de l'appareil digestif et sous l'influence de quels agents elles sont métamorphosées. Les matières azotées, la fibrine, l'albumine, la caséine, le gluten, le tissu cellulaire, les tissus blancs, la trame organique des os, sont insensiblement dissoutes par le suc gastrique : ce sont surtout celles-là qui sont transformées et digérées dans l'estomac.

Lorsqu'on a fait manger de la chair crue à un animal qu'on tue au bout d'un certain temps, on trouve dans son estomac les morceaux de chair gonflés ; ils ont perdu leur rigidité, sont devenus plus ou moins mous ; leur surface est pâle, visqueuse. Si l'on attend un peu plus tard pour sacrifier l'animal, ils sont baignés dans un suc épais, trouble, visqueux ; leur couche superficielle est molle et diffluente ; le contact du doigt en détache une pulpe homogène grisâtre. Si on les incise, on voit que cette altération extérieure est de moins en moins sensible, à mesure qu'on s'approche des parties centrales qui conservent encore leur aspect et leur teinte rosée. A ce moment, une partie de l'aliment est déjà dissoute. Celle-ci a même commencé à passer dans l'intestin ; le reste forme cette bouillie homogène que les contractions péristaltiques du viscère ne tardent pas à pousser vers le duodénum. Enfin, si l'on a tué l'animal assez longtemps après le repas, la plus grande partie de l'aliment a disparu de l'estomac ; il ne reste plus dans ce réservoir qu'une pulpe molle, demi-liquide, qui ne devait plus y faire qu'un très court séjour.

C'est donc de l'extérieur à l'intérieur que se fait la dissolution des masses de chair, le suc pénètre dans les interstices, dans les ouvertures produites par l'action des dents ; il ramollit, puis opère la dilution des couches superficielles qui, étant

entraînées dans l'intestin, laissent à découvert d'autres couches attaquées, emportées à leur tour, et ainsi de suite. Il faut que ce suc soit bien énergique pour qu'il puisse dissoudre, en quelques heures, les énormes masses de chair que le chien et les autres carnassiers avalent, sans les avoir mâchées, masses dans lesquelles se trouvent des tendons, des ligaments, des expansions aponévrotiques, etc. Il semble que ce fluide doive jouir d'une activité plus grande encore chez les oiseaux de proie qui avalent des souris, des grenouilles, des lézards presque tout entiers, et qui en rendent les os, les productions cornées et épidermiques dès que la digestion est achevée. Enfin, ne faut-il pas que cet agent possède encore beaucoup d'énergie chez les animaux à sang froid, lorsqu'un serpent digère un gros lézard, ou un crapaud, ou quand un boa a avalé un petit buffle, si tant est qu'un boa puisse avaler un buffle à la mamelle.

Cette action dissolvante du suc gastrique s'étend à des substances plus réfractaires que la fibrine et l'albumine ; elle s'exerce sur les tendons, sur les cartilages, les os, et même sur la substance des dents, et cela, indépendamment de la pression que l'estomac exerce sur son contenu, et de la trituration qu'il peut opérer chez certains animaux. Les expériences de Spallanzani, qu'il faut si souvent citer, mettent ce fait hors de toute contestation. L'ingénieux expérimentateur, en faisant avaler à des animaux, dans des tubes métalliques percés de petits trous, de la chair, des fragments de tendons, des portions de membranes, ou de petites sphères creuses et perforées dans lesquelles il mettait diverses substances dont le poids était préalablement déterminé, constatait facilement les altérations subies par ces matières, sous l'influence du suc gastrique. Alors, soit que les animaux vinssent à vomir les tubes et les sphères, comme le font les oiseaux de proie, soit qu'ils les rendissent par les voies ordinaires, soit enfin qu'il les retirât au moyen de fils restés pendants à l'extérieur, ou qu'il tuât ses victimes à diverses périodes de la digestion, il voyait que les matières renfermées dans les tubes percés étaient ramollies, diffluentes, qu'elles avaient déjà perdu sensiblement de leur poids après un court séjour, et qu'enfin elles avaient été complétement dissoutes et entraînées, si elles étaient restées assez longtemps soumises à l'influence du suc gastrique. Il s'assura qu'un faucon qui mangeait un pigeon dans un repas, moins le bec et la pointe des ailes, digérait les os puisqu'il ne les vomissait point, ni ne les rendait avec les excréments. Une bille faite avec la substance compacte d'un os fut donnée à cet oiseau, qui la vomit, puis elle lui fut rendue, à mesure qu'il la vomissait, une ou deux fois par jour : au bout de cinq semaines, elle était réduite aux trois quarts de son diamètre. Enfin, un segment de fémur de pigeon, enveloppé dans un tube et donné à plusieurs reprises à une chouette, devint bientôt mince comme du papier, et après s'être percillé et un peu ramolli, il disparut.

Tous ces résultats remarquables, qui prouvent l'action dissolvante du suc gastrique, peuvent se reproduire en dehors de l'estomac et sous les yeux de l'expérimentateur. Il suffit pour cela de mettre les substances dont on veut suivre les modifications dans un tube contenant du suc gastrique et entretenu à une température à peu près égale à celle du corps. On voit alors les petits linéaments de chair se gonfler, pâlir, se ramollir à la surface, et enfin disparaître pour former avec le liquide une dissolution trouble et homogène. L'albumine se coagule d'abord, puis se dis-

sont ensuite ; les grains soumis à une coction préalable, le pain, se fluidifient de la même manière. Mais il ne faudrait pas attacher une trop grande importance à ces digestions artificielles. Les modifications qu'elles font subir à certaines substances telles que le pain, les herbes mâchées ou cuites, les grains écrasés, etc., semblent leur donner l'aspect du chyme, aspect qui n'implique nullement une altération semblable à celles qu'elles peuvent éprouver dans l'estomac. Ce qui prouve bien, du reste, que le résultat de ces tentatives est trompeur, c'est que, d'une part, Spallanzani fit des digestions avec les liquides de la panse et du réseau des ruminants, liquides qu'il prenait pour du suc gastrique, et que, d'autre part, MM. Leuret et Lassaigne en faisaient autant avec le fluide provenant du jabot du canard, bien qu'il n'y ait point de suc gastrique dans cette dilatation œsophagienne.

Le suc gastrique est donc le dissolvant d'un grand nombre de matières diverses : l'action qu'il exerce sur la fibrine, il l'exerce également sur les autres principes azotés.

L'albumine liquide se précipite d'abord dans le suc gastrique en petits flocons ou en parcelles ténues qui se dissolvent ensuite comme le tissu musculaire. Celle qui est préalablement coagulée, en masses compactes, est d'une digestion bien plus difficile ; elle est moins attaquable, et d'une très faible perméabilité. A cet égard, tous les résultats obtenus par les expérimentateurs sont parfaitement d'accord.

La caséine se comporte à peu près comme l'albumine liquide ; elle se coagule immédiatement dans l'estomac, mais en grumeaux ou en petites masses plus ou moins volumineuses qui, plus tard, se ramollissent à leur surface et se dissolvent insensiblement pour faire, avec le suc gastrique, un fluide homogène un peu trouble et d'une teinte opaline. La liquéfaction de cette substance s'opère avant qu'elle passe dans l'intestin : cependant, chez les solipèdes, il en arrive dans le duodénum des parcelles assez considérables.

Le gluten se ramollit assez vite, perd son élasticité, et se réduit en parcelles impalpables qui, dans les digestions artificielles, se déposent au fond du vase contenant le suc gastrique. Ces premiers changements, les seuls qu'on puisse apprécier, ne sont probablement que les préliminaires de quelques autres modifications qui échappent à l'analyse.

La gélatine se dissout aisément, lorsqu'elle a été ingérée sous la forme d'une gelée légère et peu consistante, et, dès que sa dilution a été opérée, elle a perdu la propriété de se coaguler par le refroidissement.

Ces principes azotés et les matières organiques qu'ils concourent à former, c'est-à-dire le sang, les muscles, les tendons, les cartilages, les os, le tissu des glandes, celui des viscères parenchymateux, des membranes, etc., sont à peu près les seuls aliments dont la transformation s'opère dans l'estomac, sous l'influence du suc gastrique. Les autres substances qui entrent dans la composition des aliments sont modifiées par des agents dont nous étudierons l'action en traitant de la digestion intestinale.

Les matières grasses, quelle que soit la durée de leur séjour dans l'estomac, y conservent leurs caractères : l'huile y demeure transparente, surnage la masse alimentaire, et finit par acquérir un peu d'acidité. Les observations faites à cet égard par Tiedemann et Gmelin ont été confirmées par tous les expérimentateurs qui ont étudié les altérations que ces substances éprouvent dans les voies digestives.

La féculeet les aliments qui en contiennent de fortes proportions, l'avoine et les autres céréales, les tubercules de pomme de terre, et un grand nombre de parties végétales, se modifient à peine dans l'estomac. L'acide du suc gastrique s'oppose même à la transformation de la fécule en dextrine et en glucose, sous l'influence de la salive dont ce principe immédiat s'est imprégné dans la bouche. Il est facile de constater, plusieurs heures après le repas composé de foin et d'une petite quantité d'avoine, que la fécule qui reste encore dans l'estomac du cheval, bleuit, dès qu'elle est mise en contact avec l'iode. Cependant, il n'est pas démontré que la transformation de la fécule en dextrine, en glucose et en acide lactique, admise par quelques physiologistes, y soit tout à fait impossible. Il peut bien se faire qu'elle ait lieu, pour une faible proportion de la fécule, le reste devant éprouver cette conversion dans l'intestin.

Enfin, la gomme et les diverses espèces de sucre ne paraissent pas subir de modifications appréciables, sous l'influence du suc gastrique.

Ainsi donc, le suc gastrique n'agit pas sur tous les principes des matières alimentaires. Il modifie certains d'entre eux et laisse aux autres, qui seront transformés ultérieurement, toutes leurs propriétés. Mais quelle est la nature des changements qu'il leur fait éprouver ?

Les substances animales réduites insensiblement en une pulpe homogène et diffluente, n'ont point subi seulement une simple désagrégation, une simple division portée à ses dernières limites, comme le croyaient les anciens physiologistes, et comme le pensent encore quelques expérimentateurs de nos jours. La fibrine, l'albumine, le gluten, la caséine, ne sont pas seulement réduits à l'état moléculaire et dissous dans le véhicule acide que la membrane muqueuse de l'estomac a sécrété ; ces principes ont perdu leurs caractères distinctifs : la fibrine est devenue méconnaissable, l'albumine ne se coagule plus par la chaleur et ne se précipite plus par les acides, la gélatine ne se prend plus en gelée ; ces principes semblent s'être convertis en une matière spéciale qui a bien encore la composition chimique des substances dont elle dérive, sans en avoir les propriétés, matière qui, parvenue dans l'intestin, prendra par l'action des chylifères les caractères propres à la fibrine et à l'albumine du chyle. Mais est-il possible de spécifier l'état de ces principes métamorphosés sous l'influence du suc gastrique? Le chimiste peut-il se flatter, en les isolant et en les soumettant à l'action de ses réactifs, de nous les présenter tels qu'ils étaient en dissolution dans le fluide qui les a transformés? Est-il sûr, après toutes ses manipulations, de ne point leur avoir communiqué une forme nouvelle, étrangère à celles qu'ils revêtaient momentanément dans l'estomac ? S'il avait cette prétention, il lui serait difficile de la justifier aux yeux du physiologiste.

Le résultat ultime de l'action du suc gastrique sur les matières azotées albuminoïdes, paraît donc consister en une mutation d'état ou de forme, sans changement de composition élémentaire. C'est en cela que consiste essentiellement la digestion stomacale. La métamorphose s'opère pendant que les substances alimentaires, après s'être gonflées, ramollies, se réduisent en une pâte homogène ou en une pulpe plus ou moins délayée qu'on désigne depuis longtemps sous le nom de *chyme*. Celui-ci n'est que l'aliment sous une autre apparence, c'est la gangue grossière qui enveloppe les principes réellement transformés.

Ce chyme que les anciens considéraient comme le produit de la digestion gastrique, doit être envisagé aujourd'hui comme une simple traduction des modifications insaisissables éprouvées par les principes constitutifs des matières alimentaires. Ce serait un non-sens de croire que tout le travail de l'estomac se réduit à transformer l'aliment en une pâte plus ou moins homogène, molle et diffluente. D'ailleurs, cette simple transformation ne s'opère même pas pour tous les aliments : elle appartient presque exclusivement aux substances animales, au pain, à la fécule, au gluten. En effet, qu'est-ce donc que le chyme d'un herbivore, et que veut-on dire quand on cherche à voir si le foin, l'avoine, le son qu'un cheval a mangés, se trouvent ou ne se trouvent pas chymifiés ? Quelle différence y a-t-il entre la pelote d'aliments qui arrive dans le viscère, et qui, par conséquent, n'a point encore éprouvé l'action du suc gastrique et l'ondée de chyme qui s'engage dans l'orifice pylorique, si ce n'est que l'une est un peu plus délayée que l'autre ? En quoi les matières si divisées que la rumination envoie à la caillette d'un bœuf se distinguent-elles de celles qui s'échappent de ce réservoir pour passer dans l'intestin ?

La réduction des aliments en chyme, c'est-à-dire en une pulpe qui passe dans l'intestin, ne s'opère pas avec la même facilité pour tous. La rapidité ou la lenteur avec laquelle elle a lieu donne la mesure de la digestibilité des aliments.

Celle-ci dépend de leur nature, de leur état, du volume des masses ingérées, du degré de mastication et d'insalivation qu'ils ont subi, etc. On a essayé de la déterminer par divers moyens, dont le meilleur, employé par A. Cooper, consiste à sacrifier les animaux à des intervalles plus ou moins éloignés des repas, pour juger de l'état des aliments qu'ils avaient pris. Ainsi, on a vu que le lait, le pain, le poisson, se digèrent très vite, puis la chair des oiseaux de basse-cour, des jeunes animaux; et après la chair, le tissu de la peau, des glandes, les cartilages, les tendons, etc. Mais aucune tentative ne paraît avoir été faite en ce qui concerne les principaux aliments de nos grands herbivores.

On peut se demander maintenant à quoi tient l'action si remarquable que le suc gastrique exerce sur les substances alimentaires. Tiedemann et Gmelin ont prétendu que ce liquide tire sa propriété dissolvante de l'eau, de l'acide chlorhydrique et de quelques uns des sels qu'il contient, notamment du chlorhydrate d'ammoniaque. Tout récemment MM. Bouchardat et Sandras ont confirmé les observations des physiologistes allemands sur la propriété que possède l'acide chlorhydrique très dilué de dissoudre les substances azotées albuminoïdes.

Mais la dissolution qu'opèrent les acides très dilués ne se fait pas, à beaucoup près, comme celle du suc gastrique. On a constaté que la fibrine dissoute dans l'eau acidulée se précipite par l'acide azotique, se trouble et devient opaque sous l'influence de la chaleur, tandis que celle qui a été modifiée par le suc gastrique n'est pas susceptible de se précipiter ni de changer de caractère. L'albumine dissoute dans l'eau faiblement acidulée, peut encore se prendre en masse, quand on la chauffe; elle perd sa coagulabilité si elle a été mise en contact avec le suc gastrique; la gélatine, dont la dilution a été opérée par les acides, se prend encore en gelée par le refroidissement; elle reste liquide si elle a été dissoute dans le suc gastrique. Aussi paraît-il bien évident que l'action dissolvante de l'eau acidulée n'est

point identique avec celle du suc gastrique : celle-ci est à la fois dissolvante et transformatrice.

Il semble, d'après les expériences de M. Bernard, que l'albumine dissoute dans le suc gastrique et injectée dans les veines est assimilée, et que, au contraire, celle qui l'a été autrement est éliminée par les urines, faute de pouvoir servir à la nutrition. S'il en était ainsi, on aurait un excellent moyen d'apprécier la différence qui existe entre les modifications que le suc gastrique imprime à certaines substances, et celles que peuvent leur faire éprouver d'autres dissolvants. Mais, comme le fait observer M. Bérard (1), le résultat de l'injection de l'albumine est peu concluant, parce que ce principe, devenant incoagulable lorsqu'il a éprouvé l'action du suc gastrique, ne peut pas être reconnu dans les urines, à supposer qu'il soit éliminé par elles. Les expériences de M. Mialhe n'établissent pas mieux ces différences. Il n'est pas étonnant que le lait pur introduit dans les voies de la circulation soit plus évidemment éliminé par les reins que le lait digéré par le suc gastrique. Une substance étrangère qui pénètre brusquement dans les vaisseaux, et à la dose très considérable de 10 à 15 grammes pour un lapin, ne doit-elle pas déterminer une profonde perturbation dans l'économie, et activer les sécrétions dépuratives qui peuvent entraîner des éléments hétérogènes? Du reste, suffit-il d'examiner les urines pour savoir si les matières injectées dans les veines sont ou ne sont point éliminées ? N'y a-t-il pas d'autres voies qui servent à cette dépuration ?

Si les acides ne suffisent point à donner au suc gastrique sa propriété à la fois dissolvante et transformatrice, il faut donc qu'elle lui soit communiquée par un autre agent. Or, celui-ci paraît être la pepsine, que les recherches d'Eberle, de Schwann et d'autres chimistes nous ont fait connaître.

Cette pepsine, qui se trouve aussi bien dans le tissu de la membrane interne de l'estomac que dans le suc gastrique lui-même, et qu'il est possible d'isoler, puis de conserver longtemps sans altération, donne à l'eau acidulée, dans laquelle on la délaie, la faculté dissolvante spéciale du suc gastrique. Avec elle on fait un suc artificiel qui semble posséder toutes les propriétés caractéristiques de l'autre. Mais cette pepsine, cette sorte de ferment qui détermine un changement d'état et de propriétés des substances animales, sans modification de leur composition chimique, ne peut, à elle seule, exercer sa faculté dissolvante; il faut qu'elle soit associée à un acide : ni l'un ni l'autre de ces agents ne peut, isolément, produire les mutations qu'ils opèrent dès qu'ils sont unis dans de certaines proportions. Quant à savoir comment l'acide donne au ferment la propriété transformatrice, et à faire la part de chacun des deux principes essentiels du suc gastrique, c'est un point obscur sur lequel on est loin d'être d'accord.

Pourquoi le suc gastrique, qui jouit d'une propriété dissolvante si énergique, épargne-t-il les parois du réservoir qui le contient et qui en sont continuellement baignées pendant la digestion ? Les membranes du viscère sont-elles comme le tissu léger dans lequel Spallanzani enveloppait des substances très dures qui se digéraient, tandis que ce même tissu demeurait réfractaire à l'action des liquides exhalés par la muqueuse de l'estomac ?

(1) *Cours de physiologie*, t. II, p. 133.

On sait que, sur le cadavre, le suc gastrique altère sensiblement les parties qui se trouvent en contact prolongé avec lui. Il est vrai qu'on a de beaucoup exagéré les effets qu'il produit dans cette circonstance. Hunter, et d'autres observateurs, disent avoir vu, sur des hommes morts en pleine digestion, les parois du viscère ramollies, dissoutes, perforées ou déchirées, à tel point que les matières alimentaires s'étaient épanchées dans la cavité abdominale, et que même le foie, le diaphragme, la rate, avaient aussi subi des altérations plus ou moins profondes. Les mêmes faits auraient été constatés chez le chien. Enfin les matières de l'estomac, imprégnées de suc gastrique, en refluant dans l'œsophage, auraient déterminé la dissolution des parois de ce conduit, et se seraient épanchées dans la cavité des plèvres. Il est bien difficile de croire à de tels résultats. Déjà Spallanzani (1), en citant Hunter, ne s'expliquait point par quelle fatalité, après avoir vu un très grand nombre d'estomacs, il n'en avait jamais trouvé un seul dont les parois fussent déchirées ou seulement « notablement dissoutes. » Tous les jours, nous avons sous les yeux des cadavres de chevaux, tués les uns à jeun, les autres à différentes périodes de la digestion, et sur aucun on ne voit ni perforation, ni même dissolution de la membrane muqueuse, et cependant ces estomacs demeurent dans la cavité abdominale, après l'enlèvement des intestins, durant des semaines entières. La membrane interne, après quatre à cinq jours, a encore fort souvent sa teinte normale et une assez grande consistance. Quelquefois seulement elle est devenue pâle, et semble s'être amincie vers l'ouverture pylorique. Les estomacs provenant de chevaux tués quelques heures après le repas ne m'ont point paru altérés sensiblement au bout de trois jours, pendant lesquels ils avaient été suspendus dans une salle dont la température était de 12 à 15 degrés centigrades. La muqueuse ne se perfora point, même au bout de quatre à cinq jours, dans les parties où j'avais enlevé la séreuse et la membrane charnue, afin qu'elle ne fût pas soutenue. Enfin il n'y eut ni dissolution ni perforation dans les anses d'intestins, préalablement lavées et débarrassées de mucus, que j'avais remplies par des aliments ou des liquides tirés de l'estomac de solipèdes, au moment de la plus grande activité digestive. Il est très probable qu'on n'a pas, dans les observations que je viens de rappeler, tenu compte de la décomposition putride qui s'empare si rapidement des viscères intestinaux sur les cadavres qui passent seulement douze à vingt-quatre heures avant d'être ouverts. Sans doute les progrès de la putréfaction ont pour beaucoup contribué à l'apparence de dissolution qu'on a pu constater. Quant aux déchirures et aux perforations, elles me paraissent inexplicables.

Si donc, quoi qu'on en dise, l'estomac résiste déjà, après la mort, à la dissolution, il ne faut pas s'étonner qu'il se trouve, pendant la vie, réfractaire à cette altération. L'épaisse couche de mucus qui revêt sa membrane interne, et qui se renouvelle continuellement, de même que son épithélium, paraissent protéger cette tunique contre l'action du suc gastrique. Mais certainement cela ne suffit pas, car il reste à expliquer comment le dissolvant n'agit point sur les parois si minces des tubes glanduleux qui le sécrètent, et comment il respecte la muqueuse avant d'avoir traversé la couche de mucus pour venir baigner les substances alimentaires.

(1) *Opuscules de physique* (*Expér. sur la digestion*, p. 671. Pavie, 1787).

§ III. — Des mouvements de l'estomac et du passage des aliments dans l'intestin.

Pendant que les matières alimentaires sont soumises à l'action du suc gastrique versé à leur surface, elles sont plus ou moins agitées dans l'estomac par l'effet des contractions du viscère; et, à mesure qu'elles se chymifient, elles passent dans l'intestin, laissant celles qui ne sont point encore modifiées subir l'influence du fluide dissolvant.

L'estomac jouit d'une faculté contractile que beaucoup d'observateurs ont niée, bien qu'elle ne soit pas moins évidente immédiatement après la mort que sur l'animal vivant. Haller (1) l'a constatée sur le chien, le chat, le hérisson, le lapin, le rat, la grenouille, et en a étudié les particularités les plus essentielles. Il a pu voir les mouvements du viscère exposé au contact de l'air ou encore renfermé dans le péritoine, laissé intact après l'enlèvement des muscles abdominaux. Les contractions spontanées lui ont paru plus faibles que les contractions provoquées, soit par des poisons ingérés dans le réservoir, soit par des irritants chimiques ou mécaniques appliqués à sa surface ; mais toujours elles lui ont semblé plus lentes et moins prononcées que celles de l'intestin. Il a vu fort souvent le viscère se contracter et se relâcher tour à tour, notamment vers la région pylorique. Les mouvements péristaltiques furent quelquefois assez considérables pour resserrer le réservoir au point qu'il conservait à peine le diamètre de l'intestin; ils devinrent assez énergiques sous l'influence des irritants pour faire sortir les aliments à travers le pylore, et amener leur élimination complète; enfin ils persistèrent sur un chat plus d'une heure après la mort. L'illustre physiologiste rapporte ces contractions à deux espèces, les unes produisent un mouvement circulaire, les autres un mouvement d'aplatissement dans lequel les deux faces de l'estomac se rapprochent et même viennent se mettre en contact. Spallanzani (2) fit aussi quelques unes de ces observations sur des chiens vivants qu'il ouvrait peu de temps après le repas. Sur un de ces animaux, dit-il, « le mouvement péristaltique de l'estomac fut très sensible ; le viscère commençait à se contracter un peu au-dessous de l'orifice supérieur, et l'onde se prolongeait doucement jusqu'au pylore; à la contraction succédait périodiquement une dilatation. » Quand ce mouvement eut cessé, une irritation à la partie supérieure de l'estomac le fit réapparaître.

Tous les observateurs conviennent que ces mouvements sont faibles et très lents. Caldani (3) a noté qu'ils sont encore moins sensibles quand le viscère est distendu que dans les circonstances opposées, et avant lui Boerhaave avait prétendu que cette tension entraînait la paralysie. M. Flourens a constaté, sur les ruminants, que les contractions des réservoirs gastriques perdent beaucoup de leur étendue et de leur énergie dès que les parois de l'estomac ne sont plus soutenues par les muscles abdominaux. Mais si l'on convient généralement de la réalité des mouvements, on est loin d'être d'accord sur le caractère ou le rhythme de ces mouvements. Müller

(1) *Mém. sur la nature sensible et irritable*, etc., t. I, p. 67, 296 et suiv.
(2) *Expér. sur la digestion*, p. 636.
(3) *Mém. sur la nature sensible*, etc., t. III, p. 114.

n'a pu voir distinctement les contractions péristaltiques que Haller et Spallanzani ont décrites; M. Magendie (1) les a vues irrégulières, et commençant au duodénum pour se propager dans la partie pylorique, de manière à repousser les aliments non chymifiés dans la région gauche du viscère. Ayant aussi cherché à les étudier sur divers animaux, le cheval, le mouton, le porc, le chien, je ne leur ai jamais nettement reconnu le type péristaltique ; elles se sont toujours montrées plus sensibles autour du cardia et près du pylore que dans les autres régions ; la plupart déterminaient une dépression transversale analogue à celles qui séparent les bosselures du côlon replié, mais fort peu prononcée. Cette dépression transversale ne faisait guère le tour du viscère que lorsqu'elle se trouvait rapprochée du pylore. Les autres contractions semblaient s'effectuer dans les fibres qui, de l'œsophage, s'irradient sur les faces de l'estomac, et notamment dans celles qui se portent vers l'extrémité droite. Toutes ces contractions étaient beaucoup plus énergiques sur l'estomac séparé du corps d'un animal qu'on venait de tuer que pendant la vie. Alors elles avaient une vivacité remarquable chez les sujets qui étaient en pleine digestion au moment de la mort, ou que l'on avait empoisonnés par la noix vomique. Elles continuaient spontanément quinze, vingt minutes, et enfin l'irritation mécanique la plus légère exercée sur l'extrémité inférieure de l'œsophage ou au voisinage du cardia, les provoquait encore sensiblement une heure après la mort, comme Haller l'avait remarqué dans ses expériences. Des mouvements analogues à ceux-là, et encore assez sensibles, s'opèrent aussi sur l'estomac des chevaux qu'on a tués après avoir fait la section des nerfs pneumo-gastriques. Ce fait remarquable n'est point exceptionnel, car M. Magendie l'a déjà constaté sur d'autres animaux.

Il est facile, d'après ce qu'on sait de la lenteur extrême et du peu d'énergie des contractions de l'estomac, d'apprécier la participation des mouvements du viscère, en ce qui concerne la division des matières alimentaires. Évidemment les parois de ce réservoir ne peuvent point opérer ce broiement, cette division, qui se produit d'une manière si remarquable dans le gésier des oiseaux granivores. Réaumur et Spallanzani avaient déjà parfaitement démontré que l'estomac ne possède pas une faculté triturante sensible chez les animaux où il a des parois minces. Aussi, depuis longtemps, personne ne croit au fondement du calcul de Pitcairn qui évaluait à plus de 12,000 livres la force de ce viscère chez l'homme, calcul que Duverney et tant d'auteurs du siècle dernier rapportent avec une gravité qu'on a peine à comprendre.

Le rôle des mouvements du viscère se réduit : 1° à retenir les aliments dans sa cavité; 2° à leur imprimer une agitation qui facilite la pénétration du suc gastrique au centre de la masse, et qui ramène à la surface de celle-ci les matières peu imprégnées; 3° enfin à favoriser la séparation des parties dissoutes d'avec celles qui ne le sont pas encore, à chasser les premières dans l'intestin afin de laisser les autres exposées à l'action immédiate du fluide dissolvant. Déjà nous savons quelle part prennent ces mouvements à la rumination et au vomissement.

L'estomac se contracte nécessairement, vers les deux orifices, pour retenir les

(1) *Précis élém. de physiologie*, 1re édit., t. II, p. 20 et 83.

aliments et les liquides dans sa cavité. Galien (1), pour expliquer cette particularité, attribuait au viscère une faculté rétentive spéciale. Haller avait vu que ce réservoir séparé du corps, immédiatement après la mort, ne laisse pas échapper son contenu, pour peu que celui-ci ne soit pas trop diffluent, fait qui tient à la constriction que le contact de l'air provoque surtout au pourtour du cardia et du pylore. Il est facile de constater, sur les animaux vivants, que le cardia est exactement fermé, même chez les espèces dont l'œsophage est mince et évasé à son insertion. M. Magendie, qui a noté l'énergie avec laquelle il se resserre sur le doigt de l'expérimentateur, a observé que l'extrémité inférieure de l'œsophage éprouve des contractions rhythmiques très prolongées, alternant avec des périodes très courtes de relâchement ; mais il n'a point reconnu ce mouvement alternatif dans l'œsophage du cheval (2). Je me suis assuré maintes fois que chez les solipèdes la contraction de l'extrémité inférieure du conduit œsophagien est permanente et fort énergique : elle ne m'a pas semblé beaucoup moins intense chez les grands ruminants, lors même qu'ils se trouvaient réduits à une prostration extrême, telle que celle qui précède la mort. La contraction qui s'opère dans le sphincter cardiaque et l'extrémité inférieure de l'œsophage suffit pour s'opposer au reflux vers la bouche des matières contenues dans l'estomac, même lorsque le viscère est soumis à une forte compression opérée par le diaphragme et les muscles abdominaux. Celle qui a lieu au pourtour de l'orifice pylorique, sans avoir le caractère de permanence et d'énergie qui distingue la précédente, n'en est pas moins remarquable : elle est très prononcée et presque constante chez les carnassiers, le porc et les ruminants dont l'estomac est pourvu d'un bourrelet pylorique très épais. Au contraire, elle va rarement jusqu'à fermer l'orifice intestinal de l'estomac chez les animaux solipèdes : aussi le pylore de ces herbivores se trouve-t-il presque toujours béant, pour des raisons qui seront exposées tout à l'heure.

Les contractions de l'estomac, dans les parties intermédiaires aux deux orifices, servent à imprimer aux matières alimentaires une agitation qui ramène vers la périphérie de la masse les parties qui ne reçoivent que très difficilement le suc exhalé à la face interne de la membrane muqueuse : elles mêlent ces substances, elles les brassent en quelque sorte, comme on le voit si évidemment chez les ruminants, dans les circonstances que j'ai déjà indiquées ; elles facilitent la séparation, le départ des parties qui sont suffisamment élaborées pour passer dans l'intestin. Ce mélange ne se fait pas ou ne se fait que très imparfaitement dans l'estomac des chevaux qui se nourrissent de fourrages desséchés ; il commence seulement à s'effectuer quand les aliments sont ramollis par les liquides que l'animal boit, ou lorsqu'ils sont par eux-mêmes suffisamment délayés. Les contractions qui le produisent sont, comme nous l'avons vu, lentes, faibles, renouvelées à de rares intervalles.

Les contractions qui poussent les matières alimentaires dans l'intestin doivent évidemment s'opérer suivant le mode péristaltique. Alors l'estomac se resserre et se ramasse dans tous les sens, comme le disait Galien ; il se forme à sa surface ces ondes circulaires qui marchent du cardia vers le pylore, ondes que Haller et Spal-

(1) *Œuvres*, trad. par Ch. Daremberg, t. I, p. 290.
(2) *Ouv. cit.*, 4e édit., t. II, p. 19.

lanzani ont vues dans leurs expériences. Les deux faces du viscère se rapprochent plus ou moins, et peut-être arrivent-elles, quand il est presque vide, à glisser l'une sur l'autre, mais en sens inverse, de manière à opérer quelque chose d'analogue au mouvement spiroïde dont parle le médecin de Pergame, ou au mouvement circulaire dont la réalité paraissait démontrée, aux yeux de Hunter, par la disposition des égagropiles qu'on trouve dans la caillette des jeunes ruminants.

Mais, quels que soient leur sens et leurs caractères, les contractions de l'estomac ont toujours pour résultat de resserrer le viscère à mesure qu'il se désemplit, et de maintenir ses parois appliquées sur son contenu, pourvu qu'il n'y ait pas de gaz dans sa cavité: enfin elles ont pour effet de pousser le chyme par ondées dans l'intestin.

L'ordre suivant lequel les matières passent dans l'intestin dépend uniquement de leur degré de fluidité. Les liquides sortent les premiers, puis les matières très délayées, qu'elles soient ou qu'elles ne soient pas chymifiées. Le pylore, plus ou moins ouvert, retient les matières qui ne sont pas assez divisées et leur refuse le passage, au moins pendant un certain temps. Son office, que certains auteurs ont un peu trop poétisé, est très remarquable dans un grand nombre d'espèces. Galien l'indique déjà très nettement (1) : Les animaux, dit-il, avalent parfois des aliments non broyés, durs et volumineux qui, pour pénétrer, exigent qu'une large voie leur soit ouverte à travers l'œsophage; au contraire, par la partie inférieure, rien ne doit passer qui soit gros, dur, non réduit en liquide et non soumis à la coction : aussi l'orifice étroit du duodénum est comme un portier équitable qui n'accorde un passage facile à aucune particule alimentaire, si elle n'a été liquéfiée et cuite. » Il en est ainsi, sans aucune restriction, quoi qu'en dise M. Magendie, chez un grand nombre d'animaux. Voyez, en effet, le chien, le chat et les autres carnivores qui font parvenir à leur estomac des morceaux de chairs énormes avec des morceaux de tendons, d'os et de cartilages; ces aliments ne passent dans l'intestin que lorsqu'ils sont réduits en une bouillie ténue; s'ils n'arrivent pas à être suffisamment fluidifiés ou dissous, l'inflexible pylore leur refuse obstinément le passage de l'intestin; ils sont alors obligés de prolonger leur séjour dans l'estomac, sinon le carnivore les vomit. Voyez encore ce poisson vorace qui a englouti d'autres poissons : les parties molles de la proie ingérée seront bientôt diffluentes, mais les arêtes et les écailles, qui ne peuvent être chassées à travers un orifice pylorique très étroit, resteront dans la cavité gastrique tant que leur dissolution ne sera pas opérée, ou bien seront rejetées par les voies supérieures. Voyez enfin ce monstrueux serpent, ce boa gigantesque, qui a avalé un petit mammifère : les os de sa victime ne seront encore ni vomis, ni poussés dans l'intestin, l'estomac les retiendra jusqu'à ce que la digestion en soit achevée. Les mêmes particularités se reproduiront encore chez d'autres animaux, comme nous le verrons bientôt. Pour les expliquer, il n'est pas nécessaire de faire du pylore une sorte d'entité jouissant d'un tact spécial. Si, dans les circonstances précédentes, il retient ce qui n'a point été réduit en bouillie, c'est que son ouverture est tellement étroite qu'elle ne peut donner passage qu'à des matières diffluentes. Bichat aurait dit que sa

(1) *Loc. cit.*, p. 289.

sensibilité est en rapport avec les matières fluidifiées, et qu'elle ne l'est point avec les corps trop volumineux, de même que la sensibilité de la glotte, en rapport avec l'air, livre passage à ce fluide, tandis qu'elle se révolte si les aliments ou les liquides tendent à s'engager dans une voie dont l'entrée leur est interdite.

§ IV. — De l'influence nerveuse sur la digestion gastrique.

La fonction de l'estomac est soumise à une double influence nerveuse : d'une part à celle des pneumo-gastriques, d'autre part à celle du système ganglionnaire. Mais rien n'est plus difficile que de déterminer, d'une manière précise, le rôle de chacune de ces deux espèces de nerfs, en ce qui concerne les phénomènes de la digestion gastrique. Les nerfs vagues étant seuls accessibles aux investigations des physiologistes, il n'y a que leur rôle qui soit susceptible d'être apprécié directement ; celui des nerfs ganglionnaires ne peut l'être que par voie d'induction.

Les expérimentateurs qui ont étudié l'influence nerveuse dont nous parlons n'ont pas tous été guidés par les mêmes vues. Les uns se sont contentés de voir si la digestion se continue ou si elle est suspendue lorsque les pneumo-gastriques cessent d'agir sur le viscère ; les autres, poussant l'analyse plus loin, ont voulu rechercher la part que prennent ces nerfs à la sensibilité, aux mouvements de l'organe et à la sécrétion du suc gastrique. Les derniers seuls se sont engagés dans la voie qui peut conduire à éclairer la question.

La plupart des expérimentateurs qui ont opéré la section des nerfs pneumo-gastriques, dans le but de voir si, alors, l'estomac continuait à fonctionner, n'ont pas assez tenu compte de la perturbation profonde que cette section apporte dans la respiration et la circulation, et par suite dans les autres fonctions de l'économie. Les animaux dont les nerfs vagues sont coupés éprouvant une gêne considérable de la respiration, une asphyxie lente qui les fait mourir au bout de quelques jours et même fort souvent dans un espace très court, il n'est pas étonnant que par ce fait seul la digestion soit suspendue, ou tout au moins considérablement ralentie. Conséquemment on ne peut accepter, qu'à titre d'aperçus très vagues, les résultats des tentatives dans lesquelles on ne prenait pas la précaution d'éviter une asphyxie trop prompte.

Brodie et, plus tard, M. Magendie, qui avaient compris l'importance de ne pas troubler la respiration et la circulation, coupèrent les nerfs vagues dans la poitrine, en arrière du plexus pulmonaire : mais très probablement les difficultés de la modification ingénieuse apportée à la section de ces nerfs devenaient une source de perturbations non moins graves que celles de l'ancien procédé. Dupuy, le premier, je crois, se contenta d'ouvrir la trachée, et il fit sagement : par ce moyen il devint possible de conserver des chevaux pendant quatre ou cinq jours et même une semaine entière.

Ce n'était pas tout encore que de trouver le procédé qui, en faisant cesser l'influence nerveuse des pneumo-gastriques sur l'estomac, évitât autant que possible l'asphyxie et les troubles de la circulation ; il fallait chercher le moyen de juger sûrement des modifications apportées à la digestion ; or ce moyen manquant à

plusieurs physiologistes, on fut souvent conduit, sinon à des inductions fausses, du moins à des inductions insignifiantes.

En effet, de Blainville, après avoir pratiqué la section des nerfs vagues sur des pigeons et avoir donné à ces oiseaux des graines de légumineuses, observa que ces graines n'étaient point chymifiées : il en conclut que la digestion était alors suspendue. Qu'y a-t-il d'étonnant dans ce résultat? Après la section des nerfs, l'œsophage paralysé garde dans le jabot les graines que l'animal avale, et dès lors celles-ci ne peuvent être digérées; le ventricule succenturié conserverait en vain la faculté de sécréter le suc dissolvant et le gésier son action triturante, la digestion n'en demeurerait pas moins suspendue. Il n'est pas nécessaire d'y réfléchir longtemps pour s'apercevoir que cette expérience ne prouve qu'une simple paralysie de l'œsophage et des réservoirs gastriques.

Les expériences que Legallois (1) fit sur les cochons d'Inde sont-elles plus concluantes? Après la section des deux nerfs vagues, l'estomac est plus ou moins complétement paralysé ; il garde, par conséquent, tout ce qui lui arrive. Alors, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas sécrétion de suc gastrique, les aliments ne passent point dans l'intestin.

Que prouvent de plus que celles-là les expériences de Dupuy, faites sur les chevaux et les moutons? Sufffit-il que les aliments qui restent dans l'estomac n'aient point paru modifiés pour qu'on soit en droit d'en inférer la supension du travail digestif. Mais à quoi distingue-t-on que le contenu de l'estomac du cheval ou d'un autre herbivore a été chymifié ? Il peut très bien se faire que la sécrétion du suc gastrique continue, et que ce liquide agisse sur les aliments sans que ceux-ci changent d'apparence.

Et pourtant, des expériences de de Blainville, de Legallois, de Dupuy et de beaucoup d'autres auteurs, on a conclu que la digestion était suspendue après la section des nerfs vagues.

Si cette première série de résultats ne prouve pas que la digestion soit suspendue, lorsque l'influence des nerfs vagues est éteinte, voyons si des résultats d'un autre ordre établissent que cette fonction continue dans cette circonstance.

Brodie ayant vu qu'après la section des nerfs pneumo-gastriques, faite dans le thorax, on trouve du chyle dans les vaisseaux blancs du mésentère et dans le canal thoracique, croit que la digestion continue lorsque l'influence de ces nerfs cesse de s'exercer. M. Magendie (2), ayant également constaté qu'après cette section, faite de la même manière, les matières grasses « sont chymifiées, et qu'elles fournissent ultérieurement un chyle abondant, » partage l'opinion du physiologiste anglais. MM. Leuret et Lassaigne (3), qui ont vu que chez le cheval, après la section des nerfs avec perte de substance, une partie de l'avoine donnée à l'animal passe dans l'intestin, et que de plus on trouve du chyle dans les chylifères et dans le canal thoracique, pensent aussi « que la digestion peut se faire indépendamment de l'influence des nerfs vagues. »

Ces faits suffisent-ils à prouver que la digestion gastrique continue à s'opérer

(1) *Expériences sur le principe de la vie*, p. 215, 216 et suiv.
(2) *Ouv. cité*, 4e édit., p. 103.
(3) *Recherches physiologiques et chimiques sur la digestion*, p. 133 et suiv.

sans l'intervention des nerfs vagues? Je ne vois pas qu'ils soient assez concluants pour donner cette démonstration. On sait aujourd'hui que certains principes des aliments sont modifiés et digérés dans l'intestin, sans avoir éprouvé d'altérations sensibles dans l'estomac. Or la graisse que M. Magendie faisait avaler à ses victimes est dans ce cas : sans doute elle passait en partie à travers le pylore par l'effet d'un reste de contractilité de l'estomac, et une fois dans l'intestin elle était émulsionnée, puis absorbée par les chylifères. L'avoine, que le pylore si large du cheval avait laissé passer dans l'intestin, a pu donner du chyle sans avoir été aucunement modifiée dans l'estomac, car la fécule se digère par l'intervention de la salive, du suc pancréatique et du suc intestinal. L'expérience de MM. Leuret et Lassaigne démontrerait, d'une manière irréfutable, la persistance de la chymification sans le concours des nerfs vagues, si le gluten de l'avoine eût été dissous et transformé, car cette dissolution et cette transformation sont le résultat de l'action du suc gastrique.

Mais voilà deux opinions contraires appuyées sur des expériences. D'après la première, la digestion gastrique ne s'opère plus après la section des nerfs vagues ; d'après la seconde, elle continue à s'effectuer dans la même circonstance ; mais ni l'une ni l'autre de ces deux opinions n'est prouvée d'une manière péremptoire. Ce qui a empêché les expérimentateurs que j'ai cités d'apprécier exactement les effets qui résultent de l'extinction de l'influence des pneumo-gastriques, c'a été le manque d'un moyen de juger si l'aliment renfermé dans l'estomac a ou n'a pas subi les modifications qu'il y éprouve à l'état normal.

Ce moyen n'est pas dans ce fait que les aliments restent dans l'estomac ou s'écoulent dans l'intestin, car ils passent ou ne passent pas dans l'intestin, suivant leur volume, leur consistance et l'état du pylore, qui est large ou étroit et plus ou moins dilatable, suivant les animaux ; il n'est pas non plus dans l'aspect que présentent ces aliments, car on ne saurait, quoi qu'on en dise, distinguer le foin, l'avoine, la paille, l'herbe chymifiées des autres substances non chymifiées ; il n'est pas davantage dans la présence ou l'absence du chyle, puisqu'il suffit que certaines substances, sans avoir subi aucune modification dans l'estomac, soient amenées à l'intestin pour qu'elles puissent fournir du chyle.

M. Cl. Bernard avait cru mettre en évidence la participation des nerfs à la digestion gastrique par une expérience fort remarquable. Elle consiste dans l'administration de deux substances qui, isolées, ne sont point délétères, et qui, réunies, donnent naissance à de l'acide cyanhydrique. Après la section des nerfs vagues, on fait avaler à un chien l'*émulsine*, puis une demi-heure après l'*amygdaline*, et l'animal meurt empoisonné. A un autre chien, dont les nerfs ne sont point coupés, on administre, à une demi-heure d'intervalle, la même dose de la première, puis de la seconde des deux substances ; mais celui-ci n'est point empoisonné. M. Bernard conclut de ces faits que chez le chien auquel les nerfs avaient été coupés, l'émulsine n'ayant point été digérée, *faute d'influx nerveux*, elle s'est combinée avec l'amygdaline dès que celle-ci est parvenue à l'estomac, tandis que chez l'autre chien la première substance ayant été digérée, l'autre s'est trouvée seule. Mais cette expérience ne prouve ni que la digestion se soit continuée, ni qu'elle se soit suspendue après la section des nerfs vagues, car si le premier chien a été empoisonné, c'est que la première des deux substances est demeurée dans l'estomac paralysé, et s'y est combinée avec la

seconde, tandis que cette première substance, sur le chien dont les nerfs étaient intacts, a été poussée dans l'intestin avant que l'autre eût été administrée.

Le procédé le plus sûr, à mon avis, de constater la suspension ou la persistance de la digestion, lorsque l'influence des nerfs vagues est éteinte, est de voir si les matières azotées albuminoïdes sont encore dissoutes dans l'estomac : c'est aussi celui que j'ai employé. J'ai fait avaler à des chiens à jeun depuis vingt-quatre heures plusieurs morceaux de muscles crus d'un poids déterminé, et immédiatement après j'ai reséqué les deux nerfs vagues préalablement mis à découvert, afin qu'il ne s'écoulât pas plus d'une à deux minutes entre l'ingestion de l'aliment et la section des cordons nerveux. Dans cette expérience, la trachée était ouverte pour éviter l'asphyxie ; la section avait été faite avec perte de substance, pour rassurer ceux qui croient encore à la transmission de l'influx nerveux par les nerfs dont les bouts divisés restent en contact; cette section avait été pratiquée immédiatement après l'ingestion des quatre à cinq lambeaux de muscle, afin que la quantité du suc gastrique versé dans l'espace de quelques secondes fût trop minime pour entrer en ligne de compte. Voici ce que j'observai, soit que l'animal vomît, soit qu'il ne vomît pas, car il ne rejette jamais tout ce qui a été ingéré. Sur les chiens tués au bout de quelques heures, les morceaux de muscle se trouvaient gonflés, pâles et déjà un peu ramollis à la surface ; leur couche extérieure était acide. Sur ceux qui étaient sacrifiés six, sept, huit heures après le repas, ces morceaux se trouvaient bien plus ramollis ; ils étaient pulpeux à l'extérieur et mêlés à une bouillie homogène grisâtre et très acide, résultant évidemment de la dissolution d'une partie de la masse alimentaire; enfin on voyait dans l'intestin grêle quelque peu de cette matière chymeuse grisâtre qui avait traversé le pylore, incomplétement fermé. Ainsi donc, d'une part, il est manifeste, d'après cela, qu'à la suite de la section des nerfs vagues : 1° la sécrétion du suc gastrique continue ; 2° que ce suc gastrique est encore acide ; 3° qu'il agit sur la fibrine et la dissout de même qu'il le faisait auparavant. D'autre part, il est incontestable que la digestion gastrique qui continue, indépendamment de l'influence des nerfs vagues, est excessivement ralentie, car au moment où la chymification est achevée chez un chien qui a reçu la même quantité de chair que celui dont les nerfs sont coupés, elle est encore peu avancée dans l'estomac de ce dernier. Ce ralentissement tient, comme on le sait, à diverses causes : il dépend de la douleur de l'opération, des troubles apportées à l'hématose et à la circulation, de la paralysie à peu près complète de l'estomac, sans compter les modifications qui peuvent être apportées à la sécrétion du suc dissolvant. On conçoit très bien que la part d'action de chacune de ces causes est difficile à préciser, et que leur ensemble suffit à enrayer le travail digestif, dont la suspension à l'état normal s'effectue sous l'influence de causes beaucoup plus légères.

En poussant l'analyse expérimentale plus loin, on peut arriver à quelques données sur la part d'influence que les nerfs vagues exercent sur la contractilité de l'estomac, sa sensibilité et la sécrétion du suc gastrique, enfin voir, autant que possible, quelle est la part d'action réservée aux nerfs ganglionnaires sous ce triple rapport.

La plupart des observateurs s'accordent à attribuer aux pneumo-gastriques une influence motrice sur l'estomac, mais ils sont en dissidence sur la question de sa-

voir si les mouvements du viscère dépendent entièrement de ces nerfs, ou bien s'ils dérivent à la fois des pneumo-gastriques et des divisions du grand sympathique.

Il me semble difficile de nier que les nerfs vagues donnent à l'estomac au moins une partie de sa motricité. Bichat, Tiedemann et Gmelin, M. Flourens ont vu l'irritation de ces nerfs provoquer des contractions dans ce viscère. Cependant Haller n'en a point constaté dans cette circonstance. Je n'ai pu parvenir non plus à en déterminer qui fussent bien manifestes sur le cheval et le bœuf, et surtout qui fussent distinctes des contractions si faibles et si peu appréciables qui s'opèrent à l'état normal. Après la section de ces nerfs, l'estomac conserve la plus grande partie de ce qu'il contient au moment de l'opération et ce qui lui arrive ultérieurement, car les aliments parviennent encore à l'estomac, bien qu'ils séjournent en grande partie dans l'œsophage. Il en passe une certaine quantité dans l'intestin, s'ils sont liquides, mous ou diffluents, et cela, bien plus peut-être par l'effet de la pression qu'exercent sur le viscère les muscles abdominaux et le diaphragme, que par suite d'un reste de motricité dépendant des nerfs ganglionnaires. La preuve que cette paralysie est sinon complète, du moins presque complète, c'est que la noix vomique, administrée au cheval à la dose toxique, plusieurs heures après l'interruption de continuité de ces cordons, ne tue pas l'animal, si ce n'est par exception ; car il faut, pour que l'empoisonnement ait lieu chez cet herbivore, que la substance vénéneuse passe dans l'intestin.

Il n'est pas invraisemblable que les nerfs ganglionnaires, qui président aux mouvements de l'intestin, aient aussi une part plus ou moins grande à ceux de l'estomac. Mais la réalité et les limites de cette participation ne sont point démontrées. Peut-être l'influence des nerfs ganglionnaires serait plus sensible vers la partie pylorique du viscère que dans la région cardiaque. L'opinion d'après laquelle M. Sédillot attribue la motricité de la partie gauche de l'estomac aux pneumo-gastriques, et celle de la partie droite aux divisions ganglionnaires, est une simple hypothèse sans preuve péremptoire. Il reste à voir si sur l'animal vivant l'estomac se contracte encore quand l'influence des nerfs vagues est éteinte. Les contractions qui s'opèrent après la mort, et que j'ai vues très distinctement sur des chevaux et des chiens dont les nerfs avaient été coupés depuis fort longtemps, ne prouvent absolument rien ; elles sont semblables aux contractions cadavériques du cœur, des intestins et des muscles du squelette, plus ou moins isolés de leurs nerfs extrinsèques.

La sécrétion du suc gastrique n'est point suspendue après la section des nerfs vagues ; elle est simplement ralentie : c'est là un fait incontestable. Il ne faudrait pas en inférer qu'elle soit exclusivement soumise à l'influence des nerfs ganglionnaires, comme le veut M. Brachet (1), qui invoque l'analogie à établir entre la sécrétion gastrique et celles qui dépendent seulement des divisions du grand sympathique. Très probablement le suc gastrique, exhalé après la section de la paire vague, conserve ses propriétés, puisque alors on le voit encore acidifier et dissoudre les substances azotées albuminoïdes, comme il le fait dans les circonstances ordinaires. Du reste, il sera facile, quand on le voudra, de constater si sa composition

(1) *Recherches sur les fonctions du système nerveux ganglionnaire.*

chimique n'a point été modifiée, en le recueillant au moyen d'éponges introduites dans l'estomac, après la section des nerfs vagues.

Quant à la part d'influence que les nerfs vagues et les filets ganglionnaires prennent à la sensibilité et aux sympathies de l'estomac, elles restent encore indéterminées.

D'abord cette sensibilité est fort obscure. J'ai vu sur les chevaux auxquels j'avais incisé la ligne blanche ou simplement établi une fistule au niveau du flanc, la piqûre, les incisions, la cautérisation, ne provoquer aucune douleur appréciable, aucun mouvement qui pût faire croire que l'animal ressentait l'irritation exercée sur le viscère. Sur les ruminants, je n'ai pas vu une sensibilité plus manifeste dans un grand nombre d'expériences. Lorsque le rumen a été mis à découvert dans une petite partie de son étendue, par une plaie aux parois du flanc, il a été touché avec un pinceau imprégné d'un acide concentré, piqué superficiellement, puis profondément incisé, sans que l'animal parût s'apercevoir de ces diverses opérations. J'ai pincé les papilles des différentes parties du réservoir, et surtout celles qui se trouvent à la partie antérieure; j'ai appliqué un acide sur celles qui avoisinent la fistule, j'ai serré entre les doigts les faisceaux charnus du premier estomac, les lèvres de la gouttière œsophagienne, les petites cloisons du réseau, les lames du feuillet et jusqu'à l'origine de celles de la caillette, sans mettre en jeu la sensibilité de ces parties et surtout sans déterminer une douleur appréciable.

Cependant il n'est pas douteux que l'estomac ait une certaine sensibilité, car déjà, en serrant le pylore du cheval, on donne souvent lieu à des mouvements brusques qui traduisent une douleur non équivoque. Il est probable que l'estomac donne à la brute, comme à l'homme, la sensation de la température des aliments ou des boissons, celle de l'eau très froide, par exemple, la sensation d'une distension considérable du viscère. Peut-être cet organe devient-il le siége d'une douleur plus ou moins profonde dans les indigestions et dans d'autres affections gastro-intestinales. Ses sympathies, surtout celles qui se traduisent par des symptômes nerveux dans les maladies vertigineuses des solipèdes, méritent d'être étudiées d'une manière spéciale.

II. DE LA DIGESTION GASTRIQUE DES CARNIVORES.

La digestion gastrique, dont nous venons d'examiner les principaux phénomènes, dans ce qu'ils ont de commun à tous les animaux, présente, chez les carnassiers, quelques particularités qui lui donnent une physionomie distinctive fort remarquable.

Les animaux carnivores ont généralement l'estomac simple et d'une grande capacité, parce qu'ils doivent prendre souvent, en une seule fois, la masse d'aliments qui peut les entretenir pendant plusieurs jours. La muqueuse du viscère est partout organisée pour la sécrétion du suc gastrique, bien qu'elle soit plus épaisse et plus vasculaire dans la région pylorique que dans le reste de son étendue : sa vaste surface la rend éminemment apte à la sécrétion de la quantité de suc gastrique nécessaire à la dissolution des aliments.

Chez les carnassiers, l'œsophage large, dilatable, amène à l'estomac une proie

volumineuse ou des lambeaux énormes à peine déchirés et percés de quelques coups de dents; mais le pylore, étroit et entouré d'un anneau musculeux puissant, ne laisse passer dans l'intestin que les matières alimentaires dissoutes ou réduites en bouillie. Au contraire, chez les herbivores monogastriques, les aliments parviennent à l'estomac à travers un œsophage étroit, et ils passent aisément dans l'intestin par un orifice pylorique large et presque continuellement béant, après avoir subi de très légères altérations sous l'influence du suc gastrique.

Chez les premiers de ces animaux, les aliments doivent faire un long séjour dans l'estomac, puisque c'est là que s'effectuent presque entièrement les transformations à la suite desquelles ils deviennent assimilables. En effet, les substances dont se nourrit le carnassier ont pour agent dissolvant le suc gastrique. La fibrine, l'albumine, la gélatine, qui entrent dans la composition des muscles, des tendons, des cartilages, du tissu cellulaire, du parenchyme des viscères et des glandes, ne peuvent être modifiées que par le suc qu'exhale la muqueuse de l'estomac. Voilà pourquoi celle-ci a une étendue si considérable et une organisation qui la rend apte, dans toutes ses parties, à la sécrétion de ce liquide; voilà enfin pourquoi les phénomènes de la digestion gastrique ont une importance capitale chez ces animaux.

La chymification, en ce qui concerne les carnivores, tient uniquement à l'action du suc gastrique. Les parois minces de l'estomac ne peuvent nullement opérer la division des matières alimentaires, comme les expériences de Réaumur l'ont suffisamment démontré. La membrane charnue ne peut, par la pression qu'elle exerce sur la masse alimentaire, parvenir à déformer les tubes métalliques les plus minces; mais ses contractions ont assez d'énergie pour imprimer un léger mouvement au contenu du viscère et pousser dans l'intestin les parties ramollies et dissoutes.

La sécrétion du suc gastrique doit être fort abondante dans l'estomac des carnivores. Son activité serait, d'après Tiedemann et Gmelin (1), en rapport avec le degré de stimulation que les aliments exercent sur le viscère. Ces expérimentateurs ont trouvé beaucoup de ce liquide chez les chiens et les chats qui avaient mangé des os, des cartilages, de la chair, de la fibrine, de l'albumine coagulée ; ils disent en avoir trouvé moins sur les animaux nourris de substances peu excitantes et d'une dissolution facile, la gélatine, l'amidon, la gomme, par exemple. Le suc gastrique, dont l'acidité est constante, dissout les aliments de l'extérieur à l'intérieur; il paraît en plus grande quantité vers la partie pylorique que vers l'extrémité gauche, ce qui tient à la fois à une sécrétion plus abondante à droite qu'à gauche, et au mouvement par lequel les parties fluidifiées sont insensiblement dirigées vers le duodénum. L'ordre de la dissolution est celui même de la digestibilité. La gélatine a paru se digérer très promptement, puis l'albumine liquide, la fibrine, etc. Dans une masse de chair, le tissu cellulaire semble plus vite ramolli que la fibre musculaire, celle-ci beaucoup plus vite que le tendon, le cartilage, etc.

La durée de la digestion des carnivores varie nécessairement suivant la nature des aliments et la quantité qui en est ingérée. En général, elle est beaucoup plus longue qu'on n'est porté à le croire. Les résultats obtenus par divers expérimentateurs expliquent bien pourquoi ces animaux, abandonnés à eux-mêmes, mangent à

(1) *Recherches sur la digestion*, première partie, p. 335.

des intervalles assez éloignés. Tiedemann et Gmelin ont vu, sur des chiens, l'albumine liquide dissoute après un séjour de trois heures dans l'estomac ; mais elle était encore coagulable par l'action de la chaleur. L'albumine coagulée était encore en morceaux non ramollis au centre, après un séjour de quatre heures. La fibrine, au bout d'un temps égal, était gonflée, ramollie, translucide ; elle n'était qu'en partie réduite à l'état de bouillie et transformée en matière albumineuse, car, après l'ébullition, celle-ci se précipitait par le cyanure de fer et de potassium. Le gluten était à peine altéré au bout de cinq heures, et le lait n'avait pas encore été digéré après quatre heures de séjour dans le viscère.

La digestion de la chair se fait aussi avec lenteur. Déjà Spallanzani avait vu (1) que des morceaux d'intestin renfermés dans un tube percillé n'étaient qu'à demi digérés au bout de onze heures. Les physiologistes allemands ont noté qu'au bout de quatre heures les morceaux de chair de bœuf n'avaient subi encore aucune altération à l'intérieur, tandis que leurs couches superficielles seules avaient été réduites en une matière diffluente, dont le produit filtré donnait une notable quantité d'albumine. J'ai constaté moi-même qu'il ne fallait pas moins de douze heures à un carnivore pour digérer ce qu'il prend spontanément de chair dans un seul repas. Je donnai à un premier chat, qui jeûnait depuis vingt-quatre heures, 200 grammes de muscle très tendre (c'était du psoas de cheval), et je le tuai cinq heures après le repas. L'estomac était plein de lambeaux de muscle encore rouges au centre et peu altérés dans les parties profondes de la masse, dont le poids était de 155 grammes. Il y avait très peu de pulpe homogène entre les parties non digérées. A un second chat, qui n'avait pas mangé depuis vingt heures, je donnai la même quantité de ce muscle psoas, et le tuai au bout de douze heures. L'estomac examiné immédiatement après la mort renfermait une notable quantité de gaz et une matière rouge brunâtre, très acide, au milieu de laquelle on distinguait encore de petits morceaux de muscles. Ce résidu, qui, sans doute, ne devait pas tarder à passer dans l'intestin, pesait encore 64 grammes. Ainsi, douze heures ne suffisent pas au chat, qui est un carnassier par excellence, pour digérer complétement 200 grammes de muscle qu'il mange en un seul repas. Et l'on vient dire vaguement, en maints endroits, que la digestion de ces animaux met quatre à cinq heures à se faire.

Il n'est pas étonnant, d'après cela, que les parties fibrineuses, telles que les ligaments, les tendons, de même que les cartilages et les os, mettent tant de temps à se chymifier chez les animaux carnivores. Boerhaave avait vu un chien rendre par l'anus un ligament que l'animal avait mangé depuis trois jours. Spallanzani avait aussi constaté qu'un fragment de tendon, qu'un chien conserva quatre jours dans l'estomac, avait considérablement diminué de poids sans être tout à fait dissous. Les os ne se digèrent pas ou ne perdent que très peu de leur substance s'ils sont compactes et en fragments volumineux. Réaumur a vu que les petits os qu'il avait fait avaler à une chienne n'étaient point dissous après un séjour de vingt-six heures dans l'estomac ; ils lui parurent seulement un peu moins volumineux et passablement flexibles. Spallanzani n'avait de même observé qu'une diminution de poids et un ramollissement sensible sur des os qu'un chien conserva sept jours dans la cavité

(1) *Ouv. cité*, p. 624.

gastrique. Ces parties solides ne se digèrent pas, faute de séjourner assez longtemps dans l'estomac, à moins qu'elles ne soient très tendres ou réduites en petites parcelles, comme elles le sont chez certains carnivores, l'hyène, par exemple. Enfin les productions épidermiques, les plumes, la corne, les poils, sont tout à fait réfractaires à l'action dissolvante du suc gastrique, ainsi que le prouve la présence des égagropiles dans la caillette des ruminants et dans l'estomac du chien et de beaucoup d'autres animaux.

Les substances végétales sont digérées par les carnivores de même que les substances animales. Tiedemann et Gmelin ont vu qu'au bout de quatre heures l'amidon cuit, qu'un chien avait pris en grande quantité, avait été en majeure partie chymifié. Après cinq heures, cette substance, qu'un autre chien avait prise en plus faible proportion, ne se colorait plus en bleu par l'iode et se trouvait « changée en sucre et en gomme d'amidon. » Ce résultat remarquable tendrait à prouver que la transformation de la fécule en sucre s'opère dans l'estomac par l'action du suc gastrique, car la salive, qui, chez le carnivore, imprègne les aliments de même que celle qui est déglutie dans les intervalles des repas est en quantité trop minime pour remplir cet office. Au bout de quatre heures, le pain qu'un chat avait mangé avec du lait était ramolli à la surface, mais n'avait éprouvé presque aucune altération à l'intérieur; cet aliment était pourtant en grande partie ramolli et dissous, chez un chien, deux heures et demie après le repas. Enfin, après un séjour de cinq heures dans l'estomac, le riz cuit était en partie « ramolli et en partie liquéfié » ; les morceaux de pommes de terre, pulpeux, à la surface, n'avaient pas subi d'altération bien appréciable à leur centre.

A mesure que le suc gastrique délaie l'aliment et en fluidifie une certaine proportion, la partie ramollie, diffluente ou dissoute, est poussée dans l'intestin par les contractions péristaltiques du viscère ; elle laisse, par conséquent, les parties non digérées en contact immédiat avec le fluide dissolvant qui les modifie insensiblement et les prépare à être chassées à leur tour. Lorsque la digestion est achevée, s'il reste quelques débris réfractaires de l'aliment dans l'estomac, ils y prolongent leur séjour ou bien ils sont rejetés, soit par le vomissement, soit par la voie de l'intestin. Le pylore les laisse passer, s'ils sont de petites dimensions, et même peu de temps après que l'estomac s'est affaissé. Spallanzani a vu que cet orifice n'arrêtait pas toujours les petits tubes qu'il faisait avaler aux chiens, et qu'il finissait quelquefois par livrer passage à des tubes assez volumineux. Il donne même souvent issue à des fragments d'os irréguliers, comme Boerhaave et Pozzi l'avaient autrefois constaté. J'ai trouvé un fragment de ce genre, dont le grand diamètre avait près d'un centimètre et demi, et ce fragment était parvenu dans le gros intestin avant que la couche fibro-cartilagineuse qui recouvrait l'une de ses facettes eût été dissoute. Le pylore finit aussi par livrer passage aux parties molles, aux débris de tendons, de ligaments et de membranes qui ont résisté aux forces digestives, comme le prouve l'exemple célèbre du chien dont parle Haller dans ses commentaires sur les leçons de Boerhaave.

La digestion gastrique, si elle est assez lente chez les carnivores, s'y effectue, pour ainsi dire, par la seule intervention du suc dissolvant. Les aliments ont été à peine divisés et traversés de quelques coups de dents, car on sait que le chien avale sans

les mâcher, des morceaux de chair énormes. Ces aliments n'ont pas été sensiblement imprégnés de salive ; leur surface a été enduite de mucosités pour faciliter la déglutition ; enfin, ils ne sont point habituellement baignés par des liquides, car ces animaux boivent très peu. Mais une fois la chymification opérée, les phénomènes essentiels du travail digestif sont accomplis ; tous les principes azotés, la fibrine, l'albumine, etc., sont aptes à être absorbés dès qu'ils arrivent dans l'intestin. Il n'en sera point de même, à beaucoup près, pour les animaux herbivores chez lesquels nous verrons l'aliment, sorti de l'estomac, éprouver de profondes élaborations dans les diverses parties d'un immense intestin.

Ainsi, les actions digestives les plus importantes chez le carnassier se passent dans l'estomac. Cet organe, d'une grande capacité et d'une vaste surface, verse sur l'aliment, par toute l'étendue de la muqueuse, une grande quantité de suc gastrique. Son orifice pylorique étroit et dans une constriction presque complète, retient longtemps les matières alimentaires et ne les laisse passer qu'après une dissolution plus ou moins parfaite. L'estomac du carnivore, investi d'une telle prééminence, devient encore le siége d'une absorption très active et jouit d'une sensibilité remarquable que prouvent assez les vomissements que provoquent avec tant de facilité les aliments indigestes, les corps étrangers ou les substances irritantes.

III. DE LA DIGESTION GASTRIQUE DES SOLIPÈDES.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur la disposition générale de l'appareil digestif des solipèdes pour voir que les phénomènes si nombreux de la fonction qu'il remplit doivent offrir des modifications profondes, plus difficiles à analyser que celles qui caractérisent la digestion des carnassiers.

La simplicité et la petitesse de l'estomac de ces animaux, l'énorme développement de leur cœcum, la vaste capacité de leur côlon bosselé et pourvu de nombreux replis valvulaires, sont des particularités qui se retrouvent, avec quelques variantes, chez plusieurs autres herbivores. Parmi les pachydermes, l'éléphant s'éloigne peu du type des animaux monodactyles ; et parmi les rongeurs, le lièvre et le lapin, avec leur estomac uniloculaire, leur cœcum monstrueux, pourvu de glandes et d'une valvule spéciale, leur côlon bosselé et parcouru par des bandes longitudinales ; enfin, la marmotte et le cochon d'Inde, dont le tube gastro-intestinal est construit sur un plan analogue, peuvent être considérés comme formant un groupe très naturel sous le rapport physiologique. L'identité de régime, l'uniformité de structure de l'appareil digestif, doivent inévitablement entraîner une similitude fonctionnelle que les recherches des expérimentateurs parviendront un jour à démontrer.

Les animaux solipèdes, qui ne jouissent point de la faculté de ruminer, ont une mastication lente et très parfaite. Leurs aliments ne parviennent à l'estomac qu'après avoir été réduits en petites parcelles et imprégnés d'une grande quantité de salive ; ils sont déglutis en masses peu volumineuses qui ne doivent pas séjourner longtemps dans l'estomac. Le viscère qui les reçoit, quoique simple en apparence, est, en réalité, formé de deux compartiments dont les fonctions sont différentes ; le premier, ou le cul-de-sac cardiaque, comme l'appelle Cuvier, est complétement affaissé

pendant l'abstinence ; la muqueuse qui le tapisse est mince, peu vasculaire, recouverte d'un épithélium et dépourvue de la faculté de sécréter le suc dissolvant ; le second compartiment, ou la partie pylorique, a une muqueuse épaisse, veloutée, enduite de mucus, et chargée seule de la sécrétion du suc gastrique. L'estomac, déjà si petit, car il n'a qu'une capacité de 15 à 18 litres, se réduit encore par le fait de son organisation : sa membrane interne, qui représente une surface de 38 à 40 diamètres carrés, n'a, en réalité, qu'un peu plus de la moitié de cette étendue dans la partie qui sert à la chymification, de telle sorte que sa surface exhalante n'est pas de beaucoup supérieure à celle de l'estomac d'un chien de forte taille. La faible capacité du viscère et la petite étendue de la membrane qui fournit le suc dissolvant, rendent impossible un long séjour des aliments dans ce réservoir, et une élaboration complète sous l'influence du suc gastrique. Ces deux particularités essentielles donnent à la digestion stomacale des solipèdes un cachet qui la distingue éminemment de celle de tous les autres animaux.

Les matières alimentaires, dès qu'elles arrivent à l'estomac, se délaient dans le liquide neutre que le sac droit avait conservé pendant l'abstinence, elles remplissent la cavité de ce dernier et distendent ensuite le sac gauche affaissé, jusqu'au moment où il a acquis un volume égal à celui de l'autre, puis la dépression circulaire s'efface progressivement et les deux parties du viscère éprouvent une dilatation proportionnelle. La sécrétion du suc gastrique, excitée par les premières quantité d'aliments ingérés, devient de plus en plus abondante ; bientôt l'alcalinité de la salive qui imprègne les substances soumises à la mastication est neutralisée, et tout le contenu du viscère acquiert une acidité graduellement croissante.

L'exhalation du suc dissolvant s'effectue exclusivement dans la partie droite de l'estomac, comme on le prévoit d'après l'aspect de la muqueuse. Il ne saurait s'élever la moindre contestation à cet égard. D'abord, Bischoff a vu les glandes tubuleuses dans toute l'étendue de la membrane épaisse et rougeâtre de la région pylorique, et il n'en a point trouvé dans la muqueuse blanche, à épithélium pavimenteux du sac gauche. Ensuite, j'ai constaté, en ouvrant avec précaution l'estomac plein d'aliments secs, sans liquide qui pût se répandre dans les diverses parties de la masse, que tout ce qui était en rapport avec la muqueuse veloutée était acide, et que ce qui correspondait à la muqueuse blanche se trouvait neutre ; mais lorsque les aliments étaient assez délayés pour avoir été brassés dans le réservoir pendant la vie, ou lorsqu'ils étaient mêlés à des liquides que les plus légers mouvements faisaient passer de tous les côtés, la même particularité ne s'observait plus. Enfin, la muqueuse blanche ne possède pas sensiblement la propriété de cailler le lait, comme celle du sac droit, pourvu qu'on l'ait détachée immédiatement après la mort, et privée par le lavage de l'acide que le contenu de l'estomac a apporté à sa surface ; du moins, c'est ce que j'ai noté en plusieurs circonstances.

Le suc gastrique des solipèdes a-t-il la même composition et les mêmes propriétés que celui des autres animaux ? L'analyse de MM. Tiedemann et Gmelin répondrait à la première partie de la question si le fluide qu'ils ont examiné eût été du suc gastrique pur. Mais ces expérimentateurs ont pris pour tel un mélange de salive déglutie pendant les intervalles des repas avec le reste des boissons que le cheval conserve dans l'estomac pendant l'abstinence, et un peu de suc gastrique,

dont la sécrétion avait été excitée par quelques fragments de quartz blanc. Pour obtenir ce liquide, dans toute sa pureté, il faudrait d'abord, sur le cheval à jeun, retirer les fluides que conserve l'estomac, puis empêcher, par une ligature à l'œsophage, que de la salive et des mucosités y fussent envoyées; enfin faire parvenir à l'intérieur du viscère des substances insolubles pour exciter la sécrétion. De plus, il serait peut-être même indispensable, par une ligature au pylore, de s'opposer au reflux de la bile et des produits de l'intestin dans le réservoir gastrique. Tout cela, comme on le pense, est fort difficile à réaliser, si l'on ne veut pas trop s'éloigner des conditions physiologiques de la digestion : j'ai fait, à cet égard, bien des tentatives sans arriver à un résultat satisfaisant.

Les modifications que les aliments éprouvent dans l'estomac, sous l'influence du suc dissolvant, sont peu considérables et portent sur les principes qui existent en très faible proportion dans les substances végétales dont les solipèdes usent habituellement.

En effet, le cheval, qui se nourrit de foin de prairie, trouve dans cet aliment 44 centièmes d'amidon, de sucre ou d'autres substances analogues, lesquelles ont été modifiées par l'action de la salive et seront en grande partie transformées dans l'intestin, puis 4 centièmes de matières grasses, dont la digestion s'opérera également dans le tube intestinal; enfin 7 centièmes d'albumine, de légumine et de caséine, de plus des sels et des principes insolubles. Or, ces 7 centièmes de matières azotées sont les seules qui aient besoin d'éprouver l'action du suc gastrique. Par ce que nous savons sur la manière dont ce liquide modifie les substances albuminoïdes, en les attaquant, couche par couche, de l'extérieur à l'intérieur, il est facile de concevoir qu'il opérera sans peine la dilution de ces mêmes matières, puisqu'elles sont en quantités minimes, très divisées, éparpillées, réduites, si je puis ainsi dire, à l'état moléculaire au milieu d'une masse qui a subi une trituration complète. De même le cheval, nourri avec la luzerne verte, trouve dans ce fourrage 9 centièmes d'amidon et de sucre, à peine 1 centième de graisse, qui ne sont point du ressort de la chymification, et seulement à peu près 3 centièmes de principes azotés à dissoudre dans son estomac. Le solipède qui ne recevrait que de l'avoine aurait 61 centièmes de principes féculents et sucrés, 5 centièmes de matières grasses pour la digestion intestinale et 12 centièmes de substances azotées pour sa digestion gastrique. On peut multiplier ces exemples en appliquant ces considérations aux divers aliments dont j'ai rapporté la composition au chapitre du régime.

Les résultats de l'action du suc gastrique sur les principes constitutifs des substances végétales peuvent être appréciés, pour la plupart, sans grandes difficultés. Tiedemann et Gmelin ont vu que l'estomac d'un cheval nourri avec de l'amidon cuit ne contenait plus, après quatre heures et demie, que quelques grumeaux non digérés : le reste ne se colorait plus en bleu par l'iode et avait été, par conséquent, transformé. Mais ils n'ont point constaté cette transformation sur les chevaux qu'ils avaient nourris avec de l'avoine.

L'albumine, le gluten, et les autres substances azotées isomères à celles-là, entrent en dissolution dans le suc gastrique, et paraissent se transformer en une matière albuminoïde, dont la présence est souvent facile à constater dans le liquide

filtré et clair que l'on prend dans l'estomac pendant la digestion, surtout vers la dernière période. Tiedemann et Gmelin ont reconnu la présence de cette albumine dans le liquide filtré provenant de l'estomac de chevaux nourris avec de l'avoine et même, disent-ils, dans celui des chevaux entretenus avec de l'amidon cuit. J'ai vu cette substance coagulée par la chaleur dans le suc exprimé des aliments, chez des solipèdes nourris exclusivement soit de foin, ou de paille, ou d'avoine : M. Lassaigne l'a examinée, et lui a trouvé tous les caractères chimiques de l'albumine.

Lorsqu'on réfléchit à la faible proportion de principes azotés que contiennent les aliments des herbivores, on se demande si le suc gastrique de ces animaux doit avoir assez d'activité pour digérer la chair et les autres substances qui font la nourriture habituelle des carnassiers. Cette question eût déjà paru naïve il y a un demi-siècle ; cependant je l'ai prise au sérieux dans le but de lui donner une solution expérimentale.

Pour constater sûrement si le cheval digère la chair, il convient de la lui donner en petits morceaux qu'il est facile de reconnaître quand ils sortent de l'estomac ou qu'ils sont expulsés par les voies ordinaires, sans avoir éprouvé les modifications dont ils sont susceptibles. Je fis donc avaler, à un premier cheval, 1,000 grammes de chair crue, coupée par petits morceaux réguliers, cubiques ou arrondis, pesant chacun de 20 à 25 grammes; et, pour empêcher que l'animal ne les écrasât, je les portai successivement, avec de longues pinces, dans l'arrière-bouche. Le cheval fut tué vingt heures après ce repas inaccoutumé : il n'avait plus de chair ni dans l'estomac, ni dans l'intestin grêle ; mais le cœcum, le côlon replié et le côlon flottant, renfermaient les morceaux gonflés, mous, verdâtres à l'extérieur, encore rouges à l'intérieur, lesquels pesaient ensemble, après avoir été essuyés, 818 grammes, c'est-à-dire qu'ils avaient perdu un peu moins d'un cinquième de leur poids primitif. A un second cheval, je fis avaler huit morceaux de muscle pesant 20 grammes chacun, et pris sur un animal tué depuis six jours, les uns nus, les autres enveloppés dans de la toile à demi usée. Le solipède qui, depuis, avait mangé et bu à discrétion, ne fut tué qu'au bout de vingt-quatre heures. Les huit fragments se trouvaient dans le cœcum, les deux premiers, enveloppés, pesaient l'un 18 grammes, l'autre 16 grammes, le troisième en pesait 22, le quatrième 13, le cinquième 23, le sixième 19, le septième 21, et le huitième 20. Ces fragments, qui avaient sans doute perdu de leur substance, s'étaient, en compensation, imprégnés d'une certaine quantité d'eau. Ils étaient gonflés, mous, verdâtres à l'extérieur, mais ils avaient conservé leurs fibres distinctes et leur teinte rouge à l'intérieur.

Sur ces deux premiers sujets, la substance animale n'avait pas eu le temps de parcourir tout le trajet de l'appareil digestif; il fallait voir si elle serait chassée avec les déjections et si elle éprouverait d'autres modifications dans les diverses parties de l'intestin. Dans ce but, je fis avaler à un cheval six morceaux de chair du poids de 20 grammes chaque, puis je le laissai manger comme d'habitude. De la vingt-quatrième à la trente-deuxième heure, il rendit quatre de ces morceaux, pesant ensemble 70 grammes, et n'ayant par conséquent perdu pour tous que 10 grammes. Ils étaient moins gonflés que ceux qui, sur les autres, se trouvaient dans l'intestiu, mais ils étaient encore noir-verdâtre à l'extérieur et d'un rouge pâle

à leur centre ; les deux derniers ne furent pas retrouvés. A un autre, je fis avaler de même douze petits morceaux semblables aux précédents, dont six de chair de porc et six de chair de bœuf. De la dix-huitième à la vingt-quatrième heure, trois d'entre eux furent rendus avec les excréments ; ils avaient pris une teinte verdâtre ; leur surface seule était altérée, mais leurs fibres restaient parfaitement reconnaissables, avec leur teinte rougeâtre. Les neuf derniers furent rejetés plus tard, sans avoir été digérés plus que les autres.

Ces expériences, répétées et variées sur des chevaux de différents âges, et placés dans diverses conditions, donnèrent constamment les mêmes résultats. Toujours les morceaux de chair qui n'avaient point été mâchés furent éliminés entiers et à peine altérés, et ils furent ainsi rejetés, soit qu'on les eût fait prendre à des animaux à jeun, soit qu'on les eût administrés à des sujets en pleine digestion, mis ensuite à la diète, ou entretenus avec leurs aliments ordinaires.

Un résultat aussi singulier pouvait être attribué à la dureté de la chair. Je donnai à d'autres chevaux des morceaux de psoas qui sont, comme on le sait, les plus mous et les plus délicats de tous les muscles ; ils furent un peu plus altérés à la surface, mais ils ne furent pas plus digérés que les autres. Dans le même but, je fis avaler à plusieurs chevaux des escargots vivants. Voici ce que j'observai.

Un premier cheval qui reçut huit escargots portés dans le pharynx, ainsi qu'il a été dit précédemment, et auquel on donna ultérieurement à manger du foin et de la paille, fut tué au bout de vingt-deux heures. A ce moment les mollusques avaient déjà abandonné l'estomac et l'intestin grêle ; trois d'entre eux se trouvaient dans le cœcum, quatre dans le côlon replié et un seul dans le côlon flottant. La coquille était intacte ; le corps du petit animal s'en détachait sans grande difficulté ; celui-ci était noirâtre, et à peu près comme s'il eût été cuit, mais il n'était nullement digéré. Un autre cheval reçut six escargots, puis du fourrage et de l'eau. Au bout de dix-huit heures, il en rendit un avec les excréments, puis successivement les cinq autres, de la vingt-quatrième à la trente-deuxième heure. Aucun de ces escargots n'était digéré, leur corps était noirâtre, tantôt rentré dans la coquille, tantôt à demi sorti, l'ouverture de cette dernière avait laissé pénétrer des parcelles de fourrages ou des grains d'avoine imparfaitement écrasés. Enfin, à un troisième sujet d'expérience, je donnai des escargots dont la coquille était percée de petites ouvertures destinées à donner accès aux sucs dissolvants par un grand nombre de points. Ces derniers furent un peu plus altérés que les autres ; mais ils ne furent pas digérés.

La chair en petites masses, si molle et si délicate qu'elle soit, n'est donc point digérée par le cheval. Le sera-t-elle si elle est divisée en minces parcelles ? Je donnai à plusieurs chevaux de la chair réduite en fragments gros comme des fèves, et enveloppés en certaine quantité dans de petits sacs de toile à demi usée, afin qu'on pût voir si cette fois elle avait été dissoute. Or, malgré cette division, la chair n'était point digérée ; elle se trouvait naturellement gonflée, ramollie ; elle avait diminué de poids et perdu sa couleur rouge, mais enfin elle n'était point digérée.

Si la digestion de la chair ne se fait ni dans l'estomac, ni dans l'intestin du cheval, celle du sang pourra-t-elle s'y effectuer ? Eh bien, ce fluide, que le carnassier, et que le porc même digèrent si aisément, traverse tout le tube gastro-

intestinal des solipèdes en conservant la plupart de ses caractères. En voici la preuve :

J'injectai dans l'estomac d'un premier cheval, par une plaie œsophagienne, 5 à 6 litres de sang artériel encore chaud et non coagulé. L'animal ayant été tué au bout d'une heure, on trouva dans l'estomac une notable proportion de ce sang, en partie fluide et en partie coagulé : le caillot était noirâtre à la surface et vermeil au centre. Le reste de ce sang se trouvait en petits caillots dans l'intestin grêle ; aucun d'eux n'avait encore pénétré dans le cœcum. A un second, j'injectai également par l'œsophage la même quantité de sang artériel que l'on retirait à mesure de la carotide d'un animal vivant. Celui-ci ne fut sacrifié qu'au bout de six heures et après avoir reçu une ration passable de fourrage. Il n'y avait plus de sang dans le réservoir gastrique ; mais ce fluide se retrouvait dans l'intestin grêle, le cœcum et l'origine du côlon replié. Là, il formait encore de gros caillots noirâtres : sa partie liquéfiée donnait une teinte rouge foncée aux matières contenues dans ces différentes parties de l'intestin. Enfin, à un troisième cheval de grande taille, je donnai 12 litres de sang artériel. L'animal, à partir de ce moment, ne reçut ni aliments, ni boissons, et fut tué dix-sept heures après. L'estomac ne contenait plus que 75 centilitres d'un liquide noir, fétide, sans mélange d'aliments. Au milieu de ce fluide nageait un petit caillot également noirâtre. L'intestin grêle contenait deux litres et demi de matières jaunâtres visqueuses, non sanguinolentes et sans caillots. Il y avait dans le cœcum 8 litres de matières noirâtres, avec une dizaine de caillots de la grosseur d'un œuf de pigeon. Le côlon replié était plein d'aliments noirâtres baignés de sang et mêlés à un grand nombre de caillots assez volumineux, et dont un seul pesait 124 grammes. Les matières alimentaires présentaient une teinte de moins en moins foncée à partir de la courbure pelvienne, et elles reprenaient leur aspect normal dans le côlon flottant où le sang n'était point encore parvenu.

Ainsi donc, ni la chair en petits morceaux, ni le sang, ne se digèrent dans l'estomac du cheval, et de plus, ces substances traversent tout le tube intestinal sans avoir subi de profondes modifications. Le chien qui avale des morceaux de chair énormes, les oiseaux de proie qui se gorgent de petits mammifères, d'oiseaux, de poissons, de reptiles, digèrent cependant tout cela, et aucune des parties ingérées ne traverse le tube intestinal sans avoir été préalablement dissoute. Une différence aussi remarquable ne doit donc pas être simplement constatée; elle doit être interprétée et rapportée à sa cause. Or, celle-ci tient à ce que les substances animales font un très long séjour dans l'estomac du carnassier, tandis qu'elles ne font, pour ainsi dire, que passer dans l'estomac du cheval.

En effet, nous avons vu au paragraphe de la digestion des carnivores, que le chat conserve six, huit, dix heures la chair dans son estomac, avant de l'avoir entièrement dissoute. Le cheval ne peut digérer cette substance, car elle commence à passer dans l'intestin une demi-heure, une heure après son ingestion, et elle y passe si vite, qu'en moins de deux heures, toute celle que l'animal a reçue est poussée dans l'intestin grêle, notamment lorsqu'il continue son repas avec de l'herbe ou des fourrages desséchés. Si la chair séjournait assez longtemps dans l'estomac du solipède, elle y serait digérée comme elle l'est dans celui du carnassier. Les expériences suivantes vont en donner la preuve.

Ayant observé que les grenouilles vivantes engagées dans la panse des ruminants y meurent bientôt les pattes étendues et écartées, comme elles le font, du reste, dans les autres circonstances, je pensai que, par suite de cette position, le cadavre des batraciens s'engagerait difficilement dans l'orifice pylorique et prolongerait ainsi son séjour dans l'estomac. Je fis donc avaler à un cheval deux grenouilles vivantes et lui laissai ensuite manger du foin, puis je le sacrifiai quinze heures après. Les grenouilles étaient complétement digérées, leurs vertèbres, les os de leurs pattes nageaient dans les liquides du cœcum. A un second, je donnai aussi deux de ces reptiles vivants et j'attendis trente-six heures avant de le tuer. Cette fois, les os se retrouvèrent en partie dans le cœcum et en partie dans le côlon replié. Les muscles, les tendons et les ligaments avaient été si complétement dissous, que les os étaient privés de leurs parties molles comme après une longue macération.

Les moules avant de mourir écartent leurs valves et deviennent ainsi assez larges pour traverser difficilement le pylore. Or, je donnai des moules vivantes à un cheval que je sacrifiai au bout de seize heures. La plupart étaient ouvertes et digérées dans le cœcum et l'origine du côlon replié; celles qui étaient restées fermées conservaient encore plus ou moins de leurs parties molles, notamment le muscle et le ligament élastique qui se portent d'une valve à l'autre. Une écrevisse donnée en même temps que les moules se trouvait encore dans l'estomac, retenue sans doute par suite de sa forme et de l'irritation qu'elle produisait au pourtour de l'orifice pylorique : elle avait rougi; mais malgré ce séjour de seize heures dans le suc gastrique, elle avait, grâce à son enveloppe, résisté à l'action dissolvante du liquide.

Ces dernières expériences montrent bien que la chair se digère, à la condition de faire un long séjour dans l'estomac du cheval; mais elles ne donnent pas une idée de la durée de ce séjour ; il n'était donc pas sans intérêt de chercher à apprécier, au moins d'une manière approximative, combien la désagrégation et la dissolution de cette substance mettent de temps à s'opérer.

Pour arriver à un tel résultat, je songeai à faire avaler au cheval de petites boules métalliques percées de plusieurs ouvertures et pleines de chair, boules que j'aurais pu retirer à l'aide d'un cordon, sortant, soit par la bouche, soit par une ouverture à l'œsophage. Ce moyen ne m'ayant pas réussi, il me fallut en employer un autre beaucoup moins propre à donner des indications exactes. Je fis, à travers les parois du flanc gauche, une fistule à l'estomac d'un cheval en pleine digestion, et j'en fixai les bords à ceux de la plaie de l'abdomen ; puis je fis pénétrer dans le viscère et au centre de la masse alimentaire, de petits poissons encore vivants ou morts depuis peu. Voici ce que j'observai. Les deux premiers poissons engagés dans l'estomac et fixés à des fils pendant hors de la fistule, sont retirés au bout de trois heures. Le plus grand, long de 15 centimètres, est devenu très flasque, sa peau se détache avec les écailles, sa chair ramollie s'écraserait à la plus légère pression. Le plus petit est déjà si mou qu'il est impossible de le retirer entier : la tête seule reste attachée au fil; les vertèbres et les arêtes sont en grande partie séparées. A ce moment, le premier poisson est remis dans l'estomac avec beaucoup de précaution, puis j'en fais pénétrer trois autres dont deux sont écaillés et le troisième avec le ventre ouvert. Cinq heures après, j'essaie de les retirer, mais les fils se détachent et n'amènent rien. Au bout de douze heures, à partir du commencement de l'expérience, l'animal est

tué et l'estomac ouvert sur-le-champ. Les trois poissons introduits en dernier lieu dans le viscère sont ramollis, ouverts et diffluents; leur squelette est déjà séparé en plusieurs pièces. Les deux premiers sont digérés : la tête seule du plus gros est privée de ses parties molles, mais elle reste encore reconnaissable. Le plus petit a été complétement dissous : il n'en reste plus que quelques arêtes dispersées au milieu de la masse alimentaire. Il a donc suffi d'un séjour de douze heures dans l'estomac pour que des poissons entiers fussent entièrement digérés, et cela, chez un animal dont les fonctions gastriques étaient fortement ralenties. Le même effet se serait produit, sans aucun doute, dans un temps bien plus court, sur un animal dont la digestion n'aurait point été troublée par une opération douloureuse.

L'inaptitude du cheval à digérer la chair n'est donc point absolue ; elle tient uniquement à ce que cette substance ne séjourne pas assez longtemps dans l'estomac de cet hervivore pour y éprouver les modifications qu'elle subit dans cet organe chez les carnassiers. On s'abuserait, cependant, si l'on croyait que le solipède qui s'habitue à manger de la chair cuite n'en digère pas une partie. Il est évident que cette substance, parfaitement broyée par les dents, et réduite en pâte sous la double influence de la mastication et de l'insalivation, se dissout en certaine proportion dans le suc gastrique, quelque courte que puisse être la durée de son contact avec ce fluide. L'usage de cet aliment, s'il était donné au cheval, comme complément de sa ration, devrait être, par conséquent, réglé d'après ces indications expérimentales.

Si la chair en masses un peu considérables n'éprouve presque pas d'altération dans les voies digestives du cheval, et si la même substance très divisée et réduite en pâte s'y dissout très imparfaitement, il n'est pas étonnant que des parties plus dures, telles que les tendons, les cartilages et les os, n'y subissent pas de modifications bien sensibles. Les morceaux de tendons, de cartilages, que j'ai fait avaler à des chevaux, ont été rendus, vingt-quatre, trente, trente-cinq heures après leur ingestion, avec leur forme, leur aspect et leur consistance ordinaires: les tendons seuls étaient un peu ramollis, comme macérés, et avaient diminué de poids. Les petits osselets du carpe et du tarse traversaient le tube digestif, en conservant leurs facettes lisses et leurs fibro-cartilages; de petits cubes taillés dans la substance spongieuse des os avaient encore, après un séjour de vingt-quatre et de trente heures, leur volume et leur poids primitifs; de petits disques pris dans la partie moyenne des os des membres de jeunes animaux et enveloppés dans un tissu très mince, étaient rejetés sans que les filaments si déliés de la substance réticulée eussent subi la moindre modification appréciable.

Il est fort remarquable que les larves d'œstres puissent vivre si longtemps dans l'estomac du cheval, au milieu du liquide dissolvant, toujours acide pendant la digestion, comme le font ces petits vers que Spallanzani trouva fixés à la muqueuse gastrique des salamandres.

Maintenant que nous savons quels sont les changements éprouvés par les aliments dans l'estomac, voyons comment ceux-ci quittent ce viscère pour passer dans l'intestin.

En examinant un peu attentivement l'état de l'estomac des chevaux tués dans diverses conditions et ouverts immédiatement après la mort, on est frappé de ce fait

que le réservoir n'a pas, à beaucoup près, dans la plupart des circonstances, le volume qu'il peut acquérir, lorsqu'on le distend par l'insufflation. Il semble qu'à l'état normal il ne doive pas se dilater au delà d'une limite très restreinte, et de telle sorte, que ses parois conservent constamment une grande épaisseur. On ne le trouve distendu, par les aliments, que lors des indigestions et sur les vieux chevaux dont le travail gastrique est languissant ; enfin, il n'est gonflé par les gaz que sur le cadavre qu'on n'ouvre point immédiatement après la mort. Cet organe ne conserve pas, dans sa cavité, plus de la moitié ou plus des deux tiers de ce qu'il pourrait recevoir, à supposer qu'il fût passablement dilaté. Dès qu'il est parvenu à ce degré de plénitude, il laisse passer dans l'intestin une quantité d'aliments ou de liquides sensiblement égale à celle des matières qui lui arrivent, de sorte que son volume reste stationnaire. C'est là un fait important qui résulte d'un grand nombre d'observations, tant sur les animaux ouverts vivants que sur ceux tués en pleine digestion et examinés aussitôt après la mort. Si les choses se passent autrement, c'est-à-dire si le viscère se laisse distendre au delà de ces limites, c'est une marque certaine d'un ralentissement dans le travail digestif, d'un défaut de tonicité de la membrane musculeuse. Ce dernier résultat se produit fort souvent et devient même mortel sur les vieux chevaux, longtemps mal nourris, et qui, par hasard, reçoivent des fourrages à discrétion, mais je répète, il n'a point lieu dans les circonstances ordinaires.

Il ne faudrait pas croire, cependant, que chez le cheval à jeun qui commence à prendre son repas, les aliments ne viennent à passer dans l'intestin qu'à partir du moment auquel le viscère arrive à son degré normal de dilatation. Dès que l'animal se met à manger et que plusieurs bols sont parvenus à l'estomac, ils se délaient dans le liquide accumulé lors de l'abstinence, et passent, par ondées, à travers l'orifice pylorique. Mais, d'abord, ces ondées de chyme imparfaitement élaboré sont faibles et rares ; le viscère reçoit plus qu'il ne laisse échapper : aussi, sa distension fait-elle des progrès sensibles, et, à mesure qu'elle s'accroît, le déversement pylorique devient plus considérable. Uue fois qu'elle est parvenue à son terme, le départ des aliments fait équilibre à leur arrivée, et l'organe conserve le même volume tant que l'animal continue à manger. Enfin, lorsque le repas est achevé, l'élimination des aliments se ralentit graduellement, et finit par devenir si faible, que les dernières portions éprouvent une grande difficulté à passer dans l'intestin ; aussi le viscère ne parvient-il à se vider complétement que six, huit, dix heures après le repas. Ce départ s'effectue, du reste, avec d'autant plus de peine, que les matières contenues dans l'estomac sont plus tassées et plus sèches, car alors elles forment une masse compacte, en quelque sorte moulée dans le viscère, d'où l'indication rationnelle, dans l'indigestion, d'administrer des liquides, en petite quantité et à de fréquents intervalles, pour détremper insensiblement ces matières, sans provoquer une distension exagérée qui ferait perdre aux parois de l'organe le reste de leur tonicité.

Les liquides sortent de l'estomac avec plus de promptitude encore que les aliments solides ; mais leur passage dans l'intestin ne se fait pas absolument de la même manière dans toutes les circonstances. Si l'estomac contient déjà une certaine quantité d'aliments à l'instant de la déglutition des liquides, il continue à augmenter de volume ; les premières ondées qu'il reçoit restent dans sa cavité et délaient son contenu ; les ondées suivantes passent dans l'intestin en entraînant avec elles une

notable proportion de matières alimentaires. Comme ces liquides sont poussés avec force dans le réservoir, et qu'ils y abordent en masse supérieure à celle qui peut s'échapper à travers l'ouverture pylorique, il arrive, parfois, que la dilatation de l'estomac s'exagère au point de faire perdre à ses parois le ressort nécessaire à l'élimination immédiate de la masse liquide. Si, au contraire, l'estomac est vide, quand l'animal vient à boire, l'eau passe dans l'intestin dès les premiers moments de la déglutition, mais encore ici, comme l'organe en reçoit, dans un temps donné, plus qu'il ne peut en laisser échapper, il se distend plus ou moins et arrive à acquérir la moitié et même les deux tiers de sa capacité maximum. J'ai vu plusieurs fois, en ouvrant rapidement l'abdomen, pour lier le pylore, quatre, cinq, six minutes après la déglutition d'une quantité d'eau préalablement déterminée, que l'estomac se dilatait de manière à en retenir 8, 10, 12, 15 litres; le reste avait déjà passé dans l'intestin grêle. Le fait de ce passage rapide des liquides et des aliments de l'estomac dans l'intestin était facile à prévoir et avait été déjà indiqué par plusieurs auteurs, M. Gurtl entre autres.

La promptitude si remarquable avec laquelle le contenu du réservoir gastrique passe dans le tube intestinal devient évidente, et se mesure, en quelque sorte, par plusieurs expériences très simples. Ainsi, en faisant manger de l'avoine, des racines ou du vert à un cheval précédemment nourri avec des fourrages secs, on peut, en le tuant, cinq, dix, quinze minutes et plus après la déglutition des premiers bols, s'assurer que ces nouveaux aliments arrivent à l'intestin dès les premiers instants, mais seulement en très faibles quantités. De même, en administrant des liquides tenant en dissolution des substances faciles à reconnaître, on s'assure de la rapidité avec laquelle ils abandonnent le réservoir gastrique.

L'ordre du passage des matières alimentaires dans l'intestin n'est pas le même que celui de leur arrivée à l'estomac. Les substances les plus molles et les plus fluides passent les premières, lors même qu'elles sont arrivées en dernier lieu ; les fourrages secs accumulés dans la grosse tubérosité du viscère y séjournent souvent, bien après l'élimination des aliments que le réservoir a reçus depuis le moment de l'entrée de ces fourrages. Mais lorsque les aliments sont mous ou diffluents, ils se mêlent ensemble et sortent confondus, les plus anciens avec les plus récents. Le même résultat se produit, après la déglutition d'une suffisante quantité d'eau. Le contenu de l'estomac s'étant délayé, ses diverses parties se mêlent intimement entre elles et passent ainsi dans le duodénum.

Il est évident, d'après la rapidité avec laquelle les aliments et les liquides parviennent à l'intestin, que le pylore des solipèdes doit fonctionner suivant un mode particulier qui ne lui appartient point dans la plupart des animaux. Cet orifice est effectivement très dilatable, large et presque toujours béant, comme on s'en assure aisément sur les animaux vivants dont l'estomac est plein et la digestion active. Il est, par conséquent, chez le cheval, bien différent de ce qu'il est chez les carnassiers. Au lieu de refuser obstinément le passage aux matières non liquéfiées, comme le disait Galien, il donne une libre issue à tout ce que le viscère a reçu ; il se laisse traverser aussi bien par les corps volumineux que par ceux qui sont très divisés, aussi bien par les aliments que par les liquides. Tiedemann et Gmelin avaient vu déjà que les morceaux de quartz donnés à des chevaux se trouvaient dans l'in-

testin une heure ou une heure et demie après leur ingestion. J'ai constaté maintes fois que des boules de marbre, des sphères métalliques, de petits tubes, des morceaux de chair, des osselets arrondis, des escargots, des coquillages, des sachets pleins de fécule ou de substances diverses, ne font qu'un très court séjour dans le viscère. Cependant, lorsque des corps volumineux sont en très grand nombre, ils abandonnent difficilement le réservoir gastrique. Un cheval, auquel j'avais fait prendre quatre-vingts cailloux de la grosseur d'une amande à celle d'un œuf de pigeon, les garda jusqu'au troisième jour dans son estomac, bien qu'on eût laissé des aliments et de l'eau à sa disposition. Le lendemain il eut des coliques, et il mourut le jour suivant. L'estomac était rupturé à la grande courbure et renfermait encore soixante-trois cailloux mêlés à une petite quantité d'aliments ; seize seulement étaient parvenus dans le renflement duodénal qu'ils n'avaient point dépassé ; le dernier manquait à l'appel. De même, les corps volumineux et irréguliers passent difficilement dans l'intestin : l'écrevisse qu'un cheval avait avalée avec beaucoup de peine, n'était point encore parvenue, au bout de seize heures, à franchir l'orifice pylorique.

On s'abuserait étrangement si on attribuait la facilité du passage des aliments de l'estomac dans l'intestin à un défaut d'énergie des fibres qui entourent l'orifice pylorique. Le pylore qui laisse si aisément passer tout ce qui se présente à son ouverture, ne manque pas de force pour retenir : il est entouré d'une ceinture musculeuse, large de 7 à 8 centimètres, dont la contraction pourrait devenir et devient dans quelques circonstances un obstacle puissant au départ des aliments et des liquides. Sa constriction, qui est souvent si prononcée après la mort, se remarque sur l'animal vivant, quand l'estomac est fortement affaissé sur lui-même ; c'est elle qui retient alors, tant que dure l'abstinence, la petite quantité de liquide en dépôt dans la cavité du viscère ; c'est elle aussi qui, certainement, empêche, lors du vomissement, les matières alimentaires, et surtout les liquides, de s'échapper dans l'intestin grêle.

Telles sont les particularités les plus essentielles qui distinguent la digestion gastrique des solipèdes de celle des autres animaux. Elles suffisent à démontrer que chez ces herbivores, tout a été disposé pour réduire l'importance de la fonction de l'estomac, et je dirais même pour la rendre imparfaite, si l'imperfection était quelque part dans les opérations de la nature. En effet, l'estomac de ces mammifères est fort petit; il ne se dilate pas habituellement, à beaucoup près, autant qu'il pourrait le faire ; sa muqueuse sécrétante est presque réduite de moitié ; enfin, les aliments ne font en quelque sorte que passer dans sa cavité. Aussi, est-il indispensable que le travail intestinal vienne compenser ce qui fait défaut dans les phénomènes de la chymification.

IV. DE LA DIGESTION GASTRIQUE DES RUMINANTS.

La digestion gastrique, qui s'est montrée dans toute sa simplicité chez les carnivores et les solipèdes, revêt une nouvelle forme chez les animaux ruminants. Le travail de la chymification, sans changer de résultat, s'opère par des moyens particuliers inusités chez les espèces à estomac uniloculaire. Mais la complication que

les phénomènes de cette fonction vont présenter n'est relative qu'à des actes accessoires à l'action du suc gastrique sur les aliments ; elle a trait principalement à des modifications préliminaires que ceux-ci doivent subir avant d'être aptes à la transformation qui résulte de leur contact avec le liquide dissolvant exhalé dans la caillette. Aussi pouvons-nous dire, dès à présent, que, d'une part, les élaborations effectuées dans les trois premiers compartiments de l'estomac constituent une digestion préparatoire surajoutée à l'autre, et sans analogue chez les animaux à estomac simple ; et que, d'autre part, le travail du quatrième reproduit exactement tous les détails de la chymification des autres espèces.

Les quatre réservoirs gastriques, bien qu'ils soient intimement liés entre eux, peuvent, jusqu'à un certain point, s'isoler les uns des autres sous le rapport fonctionnel. Chacun d'eux a des attributions spéciales bien distinctes ; les trois premiers sont, en quelque sorte, les estomacs préposés à la conservation des aliments, des liquides et à la rumination ; le dernier est à lui seul l'estomac de la chymification, et il peut remplir paisiblement son rôle pendant que les autres sont inactifs ou qu'ils travaillent aux actions méryciques.

Quel est donc le rôle précis de chacun des réservoirs ? Quelles sont les modifications que chacun d'eux imprime aux aliments? Ces modifications sont-elles purement physiques dans les trois premiers, ou bien y ont-elles déjà quelque chose du caractère qu'elles prennent dans la caillette? La muqueuse du premier sécrète-t-elle, comme celle du dernier, quelque fluide particulier ? Enfin les matières, divisées, mêlées à des liquides et deux fois imprégnées de sucs salivaires, ne peuvent-elles pas, avant d'arriver à la caillette, éprouver quelques changements chimiques ? C'est ce qu'il faut rechercher, avec la circonspection que commandent l'obscurité et le mystère qui enveloppent le sujet.

§ I. Du rôle du rumen.

Le rumen, destiné à recevoir la presque totalité des aliments déglutis pour la première fois, la plus grande partie des liquides dont l'animal s'abreuve, et une certaine proportion des substances soumises à une seconde mastication, doit tenir ces matières en dépôt, les mettre en mouvement, les mêler avec les liquides, les pousser dans l'œsophage lors de la réjection, les faire passer dans le réseau pendant les intervalles de la rumination. Enfin les aliments qu'il contient doivent éprouver quelques modifications par le fait de leur température, des liquides, de la salive qui les imprègnent et des gaz qui sont emprisonnés dans leur masse. Les phénomènes qui se passent dans la panse sont donc de deux espèces : les uns tiennent à l'action même du réservoir, et nous sont presque tous connus, d'après ce qui a été dit au sujet de la rumination ; les autres dérivent des aliments renfermés dans ce viscère.

Le rumen exerce sur les aliments qu'il contient une action mécanique reconnue depuis longtemps, mais exagérée par la plupart des physiologistes.

Peyer, Duverney, Bourgelat admettent que les parois du premier estomac peuvent broyer, triturer et atténuer les matières alimentaires. Le premier de ces auteurs donne comme preuve de l'énergie de la compression exercée sur les aliments

par les premiers estomacs, le fait des épingles et des clous qu'on trouve souvent implantés dans les tuniques de ce réservoir. Il pense que le revêtement épithélial de la muqueuse est destiné à la préserver de l'irritation produite par le contact des matières encore imparfaitement divisées, et il fait jouer aux papilles un rôle tout à fait imaginaire. Ces petites saillies de la membrane interne, mobiles comme les piquants du hérisson, lui paraissent destinées à être dardées avec force sur les aliments, de même que le seraient de petites épées munies de leurs gaînes. Évidemment les parois de la panse, par suite de leur force contractile très énergique, surtout au niveau des piliers charnus, peuvent, en agitant et en comprimant les aliments, contribuer pour quelque chose à leur atténuation, mais cette action est si bornée qu'elle peut être considérée comme à peu près insignifiante.

On a prétendu, depuis fort longtemps, que la muqueuse du rumen exhalait un fluide spécial destiné à l'élaboration des matières alimentaires. Peyer avance que ce liquide, de nature séreuse, est filtré continuellement, de telle sorte que la face interne de l'estomac est toujours humide, quelque soin que l'on mette à l'essuyer avec un linge ou une éponge. Bourgelat, qui admet deux sécrétions au lieu d'une, décrit, dans les papilles, des tuyaux excréteurs percés d'une infinité de porosités filtrant une lymphe aqueuse et ténue, puis, dans les intervalles de ces petites éminences, des follicules simples versant, par des orifices sensibles, une matière épaisse et muqueuse destinée à lubréfier la membrane interne. Spallanzani croyait à une sécrétion du suc gastrique dans ce viscère, puisqu'il prenait dans la panse le liquide destiné aux digestions artificielles. Enfin Tiedemann et Gmelin disent qu'il : « se sécrète fort abondamment dans ce premier estomac un liquide jaunâtre, épais et d'une saveur légèrement salée qui se mêle avec les substances alimentaires. » Tous ces observateurs se font illusion. La muqueuse de la panse, comme celle du réseau et du feuillet, n'est pas plus organisée pour la sécrétion que pour l'absorption. On ne voit aucune espèce de follicules, ni de glandules, soit à sa surface, soit dans son épaisseur, soit au-dessous d'elle, et Bischoff n'y a point constaté l'existence des tubes sécréteurs du suc gastrique. De plus, une expérience fort simple démontre qu'elle ne sécrète rien. Après avoir fait une grande fistule au rumen, vers le milieu du flanc gauche, si l'on vient à appliquer sur la membrane muqueuse, au bord supérieur du réservoir, une capsule de verre contenant une éponge fine préalablement pesée, on voit, qu'au bout d'une demi-heure et même d'une heure, l'éponge n'a pas sensiblement augmenté de poids. Il est alors indispensable, pour que l'expérience soit rigoureuse, de maintenir la capsule exactement appliquée par toute sa circonférence sur la membrane muqueuse, car sans cette précaution les vapeurs du réservoir seraient absorbées, en partie, par la substance hygrométrique.

Si les aliments n'éprouvent qu'une très légère atténuation par le fait des mouvements que leur impriment les parois de la panse, et s'ils ne sont pas soumis à l'action d'un fluide spécial, il est évident que toutes les modifications qui peuvent s'opérer, dans leurs propriétés physiques et leur composition moléculaire, doivent résulter des aliments eux-mêmes, des liquides qui les imprègnent et de leur température.

Les matières renfermées dans le premier réservoir gastrique des ruminants sont généralement alcalines. Cette observation a été faite par Vieussens, Carminati, Pré-

vost et Leroyer, Tiedemann et Gmelin. Je l'ai vérifiée un grand nombre de fois sur des bœufs et des moutons vivants nourris avec du foin, de la paille ou des herbes vertes. L'alcalinité a paru très forte aux expérimentateurs de Heidelberg; mais elle m'a toujours semblé assez faible. Le papier rouge de tournesol, plongé dans les liquides de la panse ou mis en contact avec les sucs exprimés des aliments de ce viscère, ne prend une légère teinte bleue qu'au bout de plusieurs minutes. Il importe, pour constater cette réaction, d'ouvrir le rumen avant que l'estomac ait été déplacé, car, sur le cadavre, les fluides de la caillette refluent, sans trop de difficulté dans le réseau et de là dans le premier réservoir; de plus, il est indispensable d'opérer, soit sur l'animal vivant, soit immédiatement après la mort, attendu que la fermentation, qui ne tarde pas à s'opérer dans la masse alimentaire, affaiblit l'alcalinité des substances et finit par les rendre acides. Très probablement c'est faute d'avoir tenu compte de ces particularités que plusieurs observateurs sont arrivés à des résultats contradictoires.

Il est des circonstances dans lesquelles le contenu du rumen est acide au lieu d'être alcalin. Tiedemann et Gmelin l'ont trouvé acide sur des veaux encore à la mamelle; Schultz dit l'avoir vu tel chez des animaux nourris avec des racines; je je l'ai vu moi-même acide sur un bouc entretenu exclusivement avec de la chair cuite; mais il n'est pas certain que, dans ces trois circonstances, il n'y ait pas eu, après la mort, reflux des sucs de la caillette vers les premiers compartiments de l'estomac. Enfin ce contenu m'a paru légèrement acide sur les sujets dont la digestion était troublée ou suspendue depuis longtemps; et, chose remarquable, j'ai noté que les aliments secs, pris sur l'animal vivant à la partie supérieure, avaient quelquefois une très faible acidité, alors que ceux de la région inférieure conservaient leur réaction alcaline. Ce fait peut s'expliquer par la présence d'une plus forte proportion d'acides sulfhydrique et carbonique en haut du rumen que dans les parties inférieures où séjournent les matières fortement imprégnées de salive.

Parfois les matières du premier estomac, de même que celles du réseau, offrent une réaction équivoque difficile à déterminer exactement. Ainsi le papier bleu de tournesol, mis en contact avec elles, prend une légère teinte rose, et ne tarde pas à revenir, en séchant, à sa couleur primitive; le papier rouge, qui d'abord ne change pas, prend, au bout de quelques minutes, une légère teinte bleue. Il semble qu'alors un acide volatil agisse immédiatement sur le papier bleu, et qu'au bout d'un certain temps les principes alcalins reprennent de la prédominance.

Les changements que les matières alimentaires éprouvent dans la panse ont été rapportés, par les anciens auteurs, à une sorte de fermentation. Peyer dit qu'il s'établit dans ces substances échauffées un mouvement intestin facile à constater par l'écume qui les recouvre, les vapeurs et les gaz qui s'en échappent avec violence, lorsqu'on vient à faire sur l'animal vivant une petite ponction aux estomacs. La fermentation serait provoquée par la salive qui imprègne les aliments, par les sucs qu'il suppose dérivés de la membrane interne, par les gaz qui entrent dans la trame des aliments et ceux qui descendent à l'estomac lors de la déglutition, enfin par les substances déposées depuis longtemps dans ce réservoir. Certainement on ne peut admettre aujourd'hui la fermentation telle qu'on la comprenait il y a près de

deux siècles. Ce phénomène qui se produit si évidemment, lors des indigestions, chez les animaux ruminants, surtout à la suite de l'ingestion des fourrages verts, ne paraît pas s'opérer dans les circonstances ordinaires : cependant, tout porte à croire qu'il doit avoir lieu à l'état normal.

En effet, il y a toujours des gaz dans l'estomac : les fréquentes éructations des animaux après le repas, les bruits si remarquables du rumen, la sortie brusque de ces fluides lorsqu'on ouvre la panse, en sont la preuve. Tant que la digestion est régulière, leur dégagement se renferme dans d'étroites limites, mais lorsque cette fonction est suspendue, depuis un temps plus ou moins considérable, sous l'influence d'une affection gastrique ou intestinale, la fermentation s'exagère, devient très active, la masse alimentaire se raréfie, les gaz distendent l'estomac, s'accumulent à sa partie supérieure. Ceux-ci doivent avoir une composition fort compliquée, puisqu'ils proviennent non seulement du mouvement fermentatif, mais encore de la trame végétale, de l'air emprisonné avec les parcelles alimentaires, lors de la mastication, enfin de l'eau dont s'abreuve l'animal. Malheureusement, l'analyse chimique ne nous a point encore appris si la nature et les proportions de ces gaz changent suivant la nature même des aliments et les périodes de la digestion, et si ceux qui se dégagent à l'état normal sont identiques à ceux qui distendent l'estomac, lors de l'indigestion ou immédiatement après la mort. D'après Lameyran et Fremy (1), ceux qui se développent lors de la météorisation survenue à la suite de l'usage du trèfle, sont composés de 80,0 d'acide sulfhydrique, de 15,0 d'hydrogène carboné et de 5,0 d'acide carbonique ; mais ces proportions ne paraissent pas constantes, car Pluger a trouvé que le gaz des vaches météorisées était formé par quatre cinquièmes d'oxyde de carbone.

Parmi les circonstances qui favorisent la fermentation des matières alimentaires, on doit placer en première ligne leur entassement, leur humidité et leur température. Celle-ci, qui est généralement la même que celle du corps, éprouve de nombreuses oscillations, lorsque les animaux viennent de s'abreuver d'eau très froide. J'ai vu, en engageant un thermomètre dans le réseau, par une grande fistule au flanc gauche, que la température du contenu du réservoir était à 18 degrés deux minutes après l'ingestion de 10 litres d'eau à 11 degrés ; au bout de cinq minutes elle était à 25, puis à 30 au bout de dix minutes ; à 32 après un quart d'heure ; à 35 après vingt minutes. Elle ne revint à 38 qu'au bout d'une demi-heure. Une autre fois, l'équilibre fut rétabli au bout de vingt-cinq minutes après l'ingestion de 13 litres d'eau à la température précédemment indiquée.

C'est une question très délicate que de rechercher la nature de la fermentation qui s'opère dans la masse alimentaire des premiers estomacs des ruminants. Probablement, cette nature est complexe, mais elle est loin d'être précisée. Le sucre des aliments et le glucose qui provient de l'action de la salive sur la fécule, peuvent-ils, par suite de leur contact avec le gluten ou l'albumine, éprouver la fermentation alcoolique, dont le produit est de l'alcool et de l'acide carbonique? Ce sucre et ce glucose en contact avec une membrane, ou un principe azoté, tel que le gluten, la caséine, sont-ils susceptibles d'éprouver un autre mode de fermentation dont

(1) Dans Tiedemann et Gmelin, *Recherches sur la digestion*, 1re partie, p. 352.

le résultat est la formation de l'eau et de l'acide lactique? Mais y a-t-il de l'acide lactique dans la panse, soit à l'état de liberté, soit en combinaison avec les bases de la salive? Enfin, la transformation de la fécule en dextrine et en glucose, continue-t-elle à s'effectuer, dans le premier estomac, sous l'influence de la salive dont les aliments se sont imprégnés avant la déglutition, et de celle qui afflue dans le réservoir gastrique pendant les intervalles de la mastication? Cette transformation qui trouve un obstacle à son accomplissement dans l'estomac simple dont le contenu est acide, peut, ici, s'effectuer sans trouble : les matières alimentaires fortement imprégnées de fluides salivaires devant faire un long séjour dans les premiers réservoirs gastriques. Néanmoins, elle y est assez bornée, car la farine, la pulpe des racines féculentes et l'avoine bleuissent encore par l'iode après un séjour de vingt-quatre heures.

Ainsi, j'ai engagé dans la panse, à travers une fistule, deux petits sachets contenant chacun 20 grammes de fécule crue de pommes de terre. Au bout de vingt heures, l'animal ayant été sacrifié, les sachets furent retrouvés dans le même estomac, encore pleins de leur fécule: celle-ci paraissait si peu modifiée, qu'elle prenait, au contact de l'iode, une teinte violette, même à la surface de la petite masse. J'obtins un résultat semblable en faisant avaler deux autres petits sacs à une vache qui fut tuée vingt-deux heures après. La fécule n'avait pas subi d'altération appréciable, mais très probablement une certaine quantité de cette substance avait été convertie en dextrine ou en sucre, et s'était échappée à travers la toile renfermant la partie non modifiée. Il est à présumer que cette transformation, si facile qu'elle soit, doit être plus active dans les régions inférieures de la panse où les aliments sont très délayés, que dans la partie supérieure où ils sont moins imprégnés de salive, et où leur réaction est faiblement alcaline.

Les sels, le sucre, le mucilage, les gommes et d'autres substances solubles, entrent en dissolution et forment, avec les liquides, une sorte d'infusion ou de thé de foin ayant une odeur particulière très différente de celle que répandent les matières de la caillette, ou le contenu de l'estomac simple des autres herbivores. Cette dissolution devient d'autant plus complète que les aliments restent davantage dans les premiers réservoirs avant d'être ruminés : elle doit priver les fourrages d'une grande partie de leurs principes assimilables, lorsque, pendant les maladies, la rumination demeure si longtemps suspendue.

Les liquides de la panse, résultant du mélange des boissons avec la salive et les principes alimentaires solubles dans l'eau, doivent nécessairement offrir une composition fort complèxe. Tiedemann et Gmelin qui les ont analysés, y ont trouvé : 1° de l'acide carbonique libre qui se dégage sous l'influence de la chaleur; 2° de l'acide sulfhydrique; 3° de l'acide acétique; 4° de l'acide butyrique; 5° du carbonate d'ammoniaque; 6° de l'acétate d'ammoniaque; 7° du butyrate de la même base; 8° de l'albumine; 9° trois matières animales de nature indéterminée; 10° enfin, des carbonates, des phosphates, des sulfates et des chlorures alcalins, c'est-à-dire à base de soude et de potasse, puis du carbonate et du phosphate de chaux. Ces différents sels étaient en proportions variables, suivant que les ruminants recevaient pour nourriture de la paille, du foin et de l'avoine.

Toutes ces substances proviennent uniquement des aliments, des boissons et des fluides salivaires, et non point, en partie, des sécrétions de la membrane interne de

la panse et du réseau, comme le croyaient les auteurs de cette analyse. Parmi elles, il en est une, l'albumine, que Prévost et Leroyer (1) semblent avoir rencontrée aussi dans les liquides de la panse. Je n'ai pu en constater nettement l'existence dans le liquide filtré pris sur une vache nourrie avec des fourrages secs : ce fluide ne se troublait ni par l'acide azotique, ni par l'action de la chaleur ; et il ne s'y précipitait point de flocons albumineux.

Les fluides si complexes du premier compartiment de l'estomac avaient été considérés par Haller et Spallanzani (2), de même que ceux des autres réservoirs, comme de véritables sucs gastriques. Il n'est pas étonnant que le dernier de ces savants physiologistes ait commis cette erreur, lui qui regardait le suc gastrique comme « composé de plusieurs principes différents, tels que la salive, le fluide qui sort de l'œsophage, les sucs propres de l'estomac, le suc pancréatique et une partie de la bile. » Aussi Spallanzani, à l'exemple de Réaumur, voulait-il constater expérimentalement les propriétés dissolvantes qu'il attribuait par analogie à ce prétendu suc gastrique.

Réaumur (3) avait vu que les feuilles d'herbes vertes renfermées dans quatre tubes de laiton avalés par un mouton, n'avaient pas été sensiblement altérées après un séjour de quatorze heures dans le premier estomac. Spallanzani (4) ayant fait avaler à un mouton six tubes remplis de poirée, de trèfle et de laitue préalablement humectés par la salive, retrouva au bout de vingt-sept heures cinq de ces tubes dans la panse, et le sixième dans le réseau ; l'herbe qu'il y avait mise ne lui parut « pas avoir diminué, ni souffert une vraie digestion ; » mais ayant fait avaler à un autre ruminant de la même espèce douze tubes, dont six contenaient des herbes mâchées, et six des herbes intactes, il obtint un résultat différent. De ces douze tubes enveloppés isolément par de la toile, trois furent rejetés par la bouche au bout de quatorze heures, sans doute avec les aliments ruminés : ils étaient un peu froissés, et leur contenu qui n'avait pas subi de mastication préalable, s'était conservé sans altération sensible. Cinq autres tubes furent rendus avec les excréments au bout de trente-trois heures, et les quatre derniers restaient dans la caillette et le duodénum au moment où l'animal fut tué, deux jours après leur ingestion. Les herbes non mâchées furent retrouvées à peu près intactes dans les tubes, et celles qui avaient subi une mastication préliminaire avaient en partie disparu à travers la toile ; il n'en restait plus que des brins ramollis et des côtes dont la consistance était devenue pulpeuse. Le physiologiste tira de ces faits cette conclusion, que les herbes sont digérées par les sucs dissolvants de l'estomac, si elles ont éprouvé une mastication analogue à celle que leur fait subir l'animal.

On comprend, pour peu qu'on réfléchisse aux modifications apparentes dont les substances végétales sont susceptibles, que les résultats des expériences de Réaumur et de Spallanzani ne peuvent montrer si les aliments éprouvent ou n'éprouvent pas, dans le premier estomac, ce qu'on appelle la *chymification*, c'est-à-dire la dissolution des principes qui se digèrent sous l'influence du suc gastrique. En effet, le fluide

(1) *Bibliothèque universelle des sciences de Genève*, 1824, t. XXVII, p. 229.
(2) *Opuscules de physique animale*, t. II, p. 639.
(3) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1752, p. 461.
(4) *Ouv. cit.*, p. 548.

dissolvant n'attaque point la trame solide des plantes, même de celles qui sont herbacées. Le ramollissement, l'atténuation de celles-ci dérivent bien plus de la mastication et de l'action prolongée des liquides que de l'intervention d'un agent dissolvant. Les petits faisceaux d'herbes vertes ou de fourrages desséchés que je fis avaler à des vaches et à des taureaux, furent en partie retrouvés à peu près intacts après un séjour de douze, vingt et vingt-quatre heures dans le rumen ou dans le deuxième estomac ; mais incontestablement ils avaient perdu une partie de leurs principes solubles dans l'eau. Il est donc indispensable, pour constater si les liquides du premier estomac jouissent d'une faculté altératrice ou dissolvante quelconque, de soumettre à leur action les substances animales qui se digèrent dans le suc gastrique. Or, voici les expériences que j'ai faites à cet égard.

Je commençai par faire avaler à un taureau une boule de verre grosse comme un petit œuf de poule, percée à ses deux extrémités et pleine de chair crue. Au bout de trente heures l'animal ayant été sacrifié, la petite sphère creuse fut retrouvée dans le rumen. Une partie de son contenu était déjà sortie, le reste conservait encore une teinte rougeâtre un peu pâle, mais il était sensiblement ramolli et comme macéré. Il fallait voir ce qui arriverait après un séjour plus prolongé dans ce premier réservoir.

Je fis prendre à une vache une boule métallique, de 4 centimètres de diamètre, et pleine de chair crue hachée. Cette boule, dont la grande ouverture avait été fermée, permettait l'accès des liquides par un grand nombre de petites perforations disséminées sur toute l'étendue de ses parois, et elle ne pouvait laisser échapper que les parties de chair devenues diffluentes. La vache ayant été tuée au bout de quatre jours entiers, la petite sphère se retrouva à la région inférieure du rumen. Les 24 grammes de muscle qu'elle contenait avaient presque complétement disparu, ce qui en restait était réduit à l'état de pulpe très molle.

Pour mieux suivre les modifications éprouvées par le tissu musculaire dans le premier réservoir gastrique des ruminants, j'engageai très profondément dans la cavité de ce viscère, et par une fistule au milieu du flanc gauche : 1° quatre morceaux de muscle pesant ensemble 512 grammes ; 2° deux autres enveloppés dans de la toile à demi usée et ayant un poids total de 100 grammes ; 3° enfin, un morceau de 150 grammes également enveloppé. Au bout de dix-huit heures ils furent retirés avec leurs étiquettes de parchemin, à l'aide de fils qui pendaient hors de l'ouverture : ils étaient mous, pâles à l'extérieur, légèrement pulpeux à la surface. Les quatre premiers avaient perdu en somme 88 grammes ; les deux suivants, 20 grammes, et le dernier, 30 grammes, c'est-à-dire, en moyenne, le cinquième de leur poids primitif, et chose remarquable, la perte de ceux qui se trouvaient enveloppés n'était pas moindre proportionnellement que celle des autres. Ainsi, ces petites masses musculaires qui n'avaient pu quitter le rumen avaient perdu considérablement de leur substance, et celle-ci était devenue assez fluide pour s'échapper au travers d'une toile.

Dès l'instant que le tissu musculaire est susceptible d'éprouver de telles altérations, il devient évident que celles-ci seront d'autant plus profondes que les masses musculaires seront plus divisées et qu'elles séjourneront plus longtemps dans le viscère. C'est en effet ce qui arrive. Je fis avaler à une vache, qu'on tua au bout

de trente heures, quatre morceaux de cœur, de même forme, pesant chacun 80 grammes; deux étaient nus et les deux autres enveloppés par du calicot. Trois seulement furent retrouvés dans la panse, mous, pâles à l'extérieur, encore rouges à l'intérieur. Les morceaux pourvus d'une enveloppe, restée intacte, avaient perdu l'un 28, l'autre 33 grammes. L'un des morceaux nus n'avait perdu que 16 grammes. Cette dilution est, comme on le voit, assez lente; elle était à peine à moitié achevée pour des masses de chair qu'une autre vache conserva quarante-huit heures dans les deux premiers réservoirs gastriques.

Les petits poissons s'altèrent dans la panse beaucoup plus vite que le tissu musculaire des grands animaux. Quatre de ces animaux furent enveloppés isolément et mis dans le rumen par une fistule, afin qu'ils ne fussent point écrasés par le fait de la déglutition. Au bout de dix-huit heures ils étaient presque réduits en pâte; leur enveloppe et leurs os intacts indiquaient bien qu'ils n'étaient point revenus sous les dents avec les aliments à ruminer.

Les grenouilles, entières, vivantes ou récemment mortes et recouvertes de leur peau, sont assez réfractaires à l'action des liquides du rumen. De celles qui furent avalées par une vache, l'une se retrouva à l'extrémité postérieure du sac gauche de la panse au bout de vingt heures; elle était étendue, molle, son abdomen était extrêmement rapetissé et sa peau restait encore intacte. Les autres, dont on reconnut seulement quelques os dans les divers compartiments de l'estomac, avaient été certainement amenées à la bouche et broyées avec les aliments lors de la rumination. L'enveloppe de toile, dont l'une fut revêtue, ne fut pas retrouvée. Lorsque ces reptiles sont avalés vivants, ils s'agitent beaucoup, nagent dans les liquides du réseau, comme on s'en assure avec la main sur les animaux dont le rumen porte une grande fistule. J'en ai retiré qui étaient encore très vives après un séjour de huit à dix minutes dans les régions inférieures de la panse; mais les écrevisses y meurent en moins de cinq minutes.

Il est donc évident, d'après ce qui précède, que les liquides de la panse possèdent une propriété altératrice faible qui tient à l'eau elle-même, à sa température, à la salive qui imprègne les aliments, aux mouvements qu'ils éprouvent, et peut-être plus spécialement à certains principes de ces liquides, la soude et la potasse par exemple. Cette propriété ne paraît pas être analogue à celle du suc gastrique: très probablement elle détermine, à la longue, une dilution, une désagrégation des matières alimentaires, sans leur faire éprouver une véritable transformation.

On conçoit qu'une faculté si peu prononcée soit impuissante à agir sur des substances dures déjà réfractaires à l'action du suc gastrique. Pour m'assurer du fait, je fis avaler à une vache six os du carpe frais avec leurs fibro-cartilages articulaires intacts, six petits disques taillés dans le cartilage de prolongement du scapulum, six fragments cubiques de la corde élastique du ligament cervical, et enfin six segments cylindriques du tendon du muscle perforant. L'animal ayant été tué quarante-huit heures après, on retrouva dans le rumen deux des os carpiens avec leurs cartilages lisses et sans altérations appréciables, cinq disques cartilagineux intacts, les six fragments du ligament cervical avec leur forme et leur couleur, enfin un morceau de tendon devenu un peu pâle sur la coupe. L'intégrité de tous ces petits corps prouvait qu'ils n'avaient point souffert d'injures de la part des

dents pendant la rumination, à supposer qu'ils eussent été ramenés à la bouche. Les quatre os du carpe qui manquaient au rumen se trouvaient dans le réseau, et intacts comme les premiers ; l'un des morceaux de tendon était écrasé, aplati par la rumination ; les autres avaient disparu. Les matières grasses ne s'altèrent pas non plus dans le premier estomac. Deux boules de cire parfaitement lisses furent avalées par une vache, qu'on tua trente heures après. L'une des boules, enveloppée dans une toile fine, avait conservé son poids initial, l'autre, nue, avait la surface irrégulière, rayée, mais elle n'avait perdu qu'un gramme et demi de sa substance. On sait du reste que différents corps étrangers, tels que des fragments osseux, des débris de dents, se conservent fort longtemps, soit dans le rumen, soit dans le réseau, sans éprouver de grandes altérations. Nous avons trouvé dans les cellules aquifères du dromadaire une vieille dent molaire et un morceau de la substance compacte d'un os : celui-ci avait ses pointes émoussées et ses bords arrondis, usés, mais il conservait une grande dureté. Les corps un peu lourds restent ordinairement, à cause de leur poids, dans les régions inférieures du rumen, de même que les grosses billes de marbre que l'on fait avaler aux ruminants.

Tel est le rôle de la panse. Ce réservoir, d'une si énorme capacité, surtout chez les animaux entretenus avec des fourrages grossiers, sert de réservoir aux aliments qui viennent de subir une première mastication, ainsi qu'à la plus grande partie des liquides ; il les tient en dépôt, les renvoie insensiblement à la bouche lors de la rumination, et les pousse dans le réseau à de fréquents intervalles. Les aliments qu'il contient s'humectent, se détrempent ; ils se ramollissent, s'atténuent par le fait des mouvements qui leur sont imprimés ; certains de leurs principes se délaient, se dissolvent à la longue dans les liquides mêlés à une forte proportion de salive. Ces aliments subissent peut-être encore quelques modifications chimiques indéterminées ; enfin il se développe dans leur masse des myriades d'infusoires que nous ont fait connaître les recherches intéressantes de MM. Gruby et Delafond.



Fig. 49. — *Infusoires des aliments de la panse du bœuf.*

Ces infusoires, de forme et de grandeur très variées, sont généralement arrondis, ovalaires, souvent échancrés à l'une de leurs extrémités. Ils portent à leur circonférence des cils vibratiles très déliés qu'ils font mouvoir avec une extrême

vitesse. On peut les examiner en prenant dans la bouche d'un bœuf ou d'un mouton une pincée des aliments que l'animal rumine. Alors on exprime de ceux-ci une goutte de liquide sur une lame de verre que l'on porte aussitôt au foyer du microscope. Les petits animaux s'agitent avec rapidité tant que leur véhicule conserve une certaine chaleur; par suite du refroidissement, ils ne tardent pas à mourir, les cils appliqués à la surface du corps.

Mais pour que la panse remplisse bien ses fonctions, il faut qu'elle soit convenablement distendue et lestée. L'animal ne rumine et ne digère parfaitement qu'à cette condition, à moins que les aliments ne puissent être digérés sans être préalablement soumis à la rumination. Les grands ruminants ont besoin d'être aussi lestés pour déployer les efforts que nécessitent des services pénibles. Aussi serait-il difficile, dans ces diverses circonstances, de les entretenir avec des aliments peu volumineux quoique très alibiles.

Ce réservoir, qui n'a pas la même importance physiologique à toutes les époques de la vie, ne présente pas constamment le même degré de développement. Il est à noter qu'il a chez les très jeunes fœtus, relativement à la caillette, les mêmes proportions, à peu près, que chez l'adulte, tandis qu'à partir du milieu de la gestation jusqu'à la naissance il ne s'accroît pas dans le même rapport que la caillette, dont le volume devient alors prédominant. Chez un veau, au moment de la naissance, j'ai trouvé que le rumen contenait 1,175 grammes, le réseau 100, le feuillet 160 et la caillette 3,500. Le rumen n'a donc alors que le tiers du volume de la caillette. Il ne commence à prendre une grande capacité et à dépasser de beaucoup cette dernière qu'à l'époque à laquelle le jeune ruminant fait usage d'aliments solides. Le grand développement qu'il acquiert alors est le résultat du mode d'alimentation, comme Buffon l'a vu en faisant nourrir deux agneaux du même âge et sevrés en même temps, l'un d'herbe et l'autre de pain. Au bout d'un an le rumen du premier était devenu beaucoup plus grand que celui de l'autre. Chez le fœtus il est déjà, de même que les autres compartiments gastriques, rempli d'un liquide visqueux, dont la quantité s'est trouvée de 340 grammes sur un petit veau pesant 6,600 grammes. Chez l'animal à la mamelle il ne reçoit qu'une très faible partie du lait dont l'accumulation s'opère surtout dans la caillette.

§ II. — Du rôle du réseau.

Le réseau, qui semble à l'extérieur se confondre avec la panse et qui intérieurement communique avec elle par une large ouverture, ne remplit pas tout à fait la même fonction que le premier estomac; il a, outre son action commune avec le premier, une action spéciale qui paraît devoir être uniforme chez toutes les espèces de ruminants.

Ce réservoir, qui vient reposer sur l'appendice abdominal du sternum est dans la situation déclive la plus favorable à l'accumulation des liquides qu'il reçoit directement de l'œsophage ou qui lui viennent du rumen. Aussi en contient-il toujours une grande quantité, et presque sans mélange d'aliments, comme on peut s'en assurer sur l'animal vivant. Il les conserve d'autant mieux dans sa cavité que le

bord libre du repli valvulaire qui le sépare du rumen, à la manière d'une écluse, est assez élevé au-dessus du fond du réservoir, et que l'orifice par lequel il communique avec le feuillet est fort étroit, presque constamment contracté, et à un niveau bien supérieur à la partie basse de ce deuxième estomac; disposition heureuse qui entraîne la stagnation des fluides dans le réseau, et ne leur permet de sortir que poussés par des contractions énergiques.

Ce compartiment gastrique, si remarquable par les cellules de sa face interne, a une action relative à la rumination, une autre qui est en rapport avec le mouvement des matières contenues dans les estomacs, et enfin, peut-être une troisième ayant trait aux modifications que celles-ci sont susceptibles d'éprouver. La dernière est la seule qu'il reste ici à déterminer.

Les anciens auteurs pensaient que les parois du réseau concouraient à la division et à l'atténuation des aliments. Peyer comparait les cloisons qui séparent les cellules à de petites scies, et Perrault leur trouvait de l'analogie avec de petits râteaux servant à amasser, à retenir et à froisser les herbes imparfaitement divisées. Les parois du deuxième estomac n'ont pas même sur les aliments l'action qu'exercent sur eux celles de la panse, car les parcelles alimentaires contenues dans ce réservoir sont si délayées qu'elles échappent à l'influence des contractions les plus énergiques.

Le réseau ne peut agir sur les aliments qu'il contient que par ses liquides, dont la quantité est fort considérable. Ceux-ci, analysés par Tiedemann et Gmelin, paraissent avoir la même composition, et par conséquent, les mêmes propriétés que ceux de la panse ; ils diffèrent cependant de ces derniers en ce qu'ils sont plus alcalins et renferment une plus forte proportion de salive, double particularité qui les rend éminemment aptes à favoriser la transformation des principes féculents en dextrine et en sucre. Leur faculté altératrice, qui n'est probablement pas différente de celle des fluides du premier estomac, ne doit, sans doute, dériver d'aucun produit spécial de sécrétion, car rien n'autorise à admettre dans le réseau, non plus que dans la panse, l'exhalation admise par Peyer, Daubenton, et d'autres physiologistes.

Les liquides du réseau n'auraient qu'une importance minime s'ils contribuaient seulement à ramollir les substances alimentaires, à dissoudre et à transformer quelques uns de leurs principes. Ils ont un office bien plus essentiel que celui-là. Le réseau qui reçoit une partie des aliments après la première déglutition, et une certaine quantité de matières ruminées, le réseau qui, par ses contractions, lance des liquides dans l'œsophage lors de la réjection, et dans la panse à de fréquents intervalles, devient le vestibule dans lequel les matières doivent se délayer et se noyer en quelque sorte avant de passer dans le feuillet ; il devient aussi le réservoir qui déverse lentement dans ce dernier les liquides destinés à détremper ses aliments durcis. Sa situation déclive fait affluer dans sa cavité les fluides qui s'infiltrent à travers la masse alimentaire du rumen et qui augmentent ainsi, d'une manière permanente un dépôt à usages si variés ; dépôt qui, du reste, est entretenu en partie par le courant des fluides salivaires dirigés vers l'estomac pendant les intervalles des repas et de la rumination.

§ III. — Du rôle du feuillet.

Si l'on jugeait de l'importance fonctionnelle d'un organe par la complexité de sa

structure, le feuillet serait investi d'un rôle important dans les phénomènes de la digestion gastrique des ruminants. Ce réservoir, dont les deux ouvertures sont si étroites et si rapprochées, et dont les lames inégales ont toutes leur bord libre dirigé en bas, a coûté beaucoup à la nature, car la muqueuse qui forme ses cloisons, aurait, chez le bœuf, si elle était déployée, une surface presque égale à celle de la peau, et elle se trouve hérissée de plus d'un million de papilles.

Le feuillet, par suite de l'étroitesse de son ouverture supérieure, celle qui communique avec le réseau, et par le fait de l'arrangement de ses lames, comparables aux cloisons d'une tête de pavot, est incontestablement le régulateur du déversement des aliments des premiers réservoirs dans la caillette. Le sphincter puissant qui entoure ce premier orifice, la petite porte qu'il circonscrit et dont il gradue le diamètre, les grosses papilles contournées et à enveloppes cornées qui protégent cette dernière et en rendent l'accès difficile aux matières imparfaitement divisées; enfin les lames nombreuses qui divisent la cavité en une foule d'étroites filières où passe lentement ce qui n'a pas éprouvé une atténuation complète, tout cela montre assez les précautions prises pour modérer l'afflux des matières dans la caillette, le retarder et arrêter les parcelles qui ont pu échapper à une double mastication et à l'action altératrice des fluides de la panse et du réseau.

Cet organe a encore une action mécanique évidente sur les substances qui sont forcées de passer entre ses lames; il fait, comme le disaient Peyer et Duverney, l'office d'un pressoir qui exprime dans la caillette les parties fluides des aliments et en retient le marc pendant un certain temps; et peut-être ses lames, dans l'épaisseur desquelles se voient des faisceaux musculaires, contribuent-elles à atténuer les parcelles alimentaires, en frottant sur celles-ci à la manière des limes, pour me servir d'une comparaison qu'on devait trouver très heureuse du temps de Peyer.

L'action compressive exercée sur les aliments du feuillet est prouvée par le durcissement de ceux-ci, lequel ne saurait nullement provenir de l'absorption des parties fluides, empêchée par le revêtement épithélial de la muqueuse. Ce desséchement est porté à un tel degré, chez les animaux qui ont longtemps souffert de la soif, chez ceux dont la rumination a été suspendue plusieurs jours, que les aliments forment, entre les lames muqueuses, des tablettes dont la surface porte l'empreinte persistante laissée par les papilles. L'obstruction du viscère en est le résultat toujours grave et parfois mortel; elle s'observe à la suite des maladies de longue durée et devient un obstacle au prompt rétablissement du travail digestif. La chute des lames d'épithélium que Camper(1) et Vicq d'Azyr (2) avaient notée sur les animaux morts du typhus est un simple effet cadavérique qui n'a point lieu ni sur l'animal vivant, ni immédiatement après la mort, comme le premier de ces observateurs le reconnut très bien plus tard.

Le feuillet exerce-t-il une action altératrice spéciale sur les matières alimentaires? Quelques auteurs le croient; et Tiedemann et Gmelin présument que les parois de ce réservoir sécrètent un suc acide. Les matières qu'il contient sont bien réelle-

(1) *Œuvres qui ont pour objet l'histoire naturelle, la physiologie*, etc., t. III.
(2) *Exposé des moyens curatifs et préservatifs qui peuvent être employés contre les maladies pestilentielles des bêtes à cornes*. Paris, 1776, p. 90.

ment acides, comme ces expérimentateurs l'ont constaté; mais leur réaction peut tenir au reflux, dans le feuillet, des liquides de la caillette, à travers le large orifice qui fait communiquer ces deux estomacs; cependant l'acidité des matières dans les parties les plus profondes des espaces interlamellaires porte à croire qu'elle leur est inhérente et étrangère à un reflux qui, du reste, semble facile. Ces matières ont donné à l'analyse des acides carbonique et acétique, du carbonate et de l'acétate d'ammoniaque, de l'albumine, des matières organiques particulières et les sels déjà trouvés dans les liquides de la panse et du réseau.

Il est à noter que chez le lama et le chameau, le feuillet dont les lames sont réduites à l'état d'étroits replis longitudinaux, forme un cylindre sans démarcation avec la caillette, si ce n'est celle constituée par la membrane muqueuse ; mais l'orifice supérieur de ce réservoir conserve une étroitesse excessive. Quelle peut être la signification physiologique d'une telle particularité? Eût-il été dangereux pour des animaux exposés à souffrir de la soif dans les contrées chaudes d'avoir un estomac dans lequel les aliments se dessèchent si aisément. Mais s'il en est ainsi, pourquoi les antilopes, les gazelles, qui habitent les mêmes contrées, présentent-elles l'organisation commune à nos espèces domestiques?

§ IV. — **Du rôle de la caillette.**

L'action des trois premiers réservoirs gastriques, si compliquée qu'elle soit relativement à la rumination et aux modifications diverses éprouvées par les aliments, n'est après tout qu'une préparation au travail définitif de la chymification. Le mécanisme admirable d'après lequel fonctionnent ces réservoirs n'a d'autre but que la division extrême des matières qui doivent être soumises à l'influence du suc gastrique.

C'est dans la caillette que s'opère la sécrétion du suc dissolvant, et c'est dans ce quatrième compartiment que se passent les divers phénomènes propres au travail gastrique des autres herbivores. Depuis fort longtemps le fait a été indiqué ou entrevu par les physiologistes. Sévérinus appelait la caillette l'estomac proprement dit. Peyer, que j'ai déjà cité tant de fois, la regardait aussi comme l'analogue de l'estomac simple des autres animaux, et faisait remarquer que sa muqueuse sécrète deux fluides, l'un épais et visqueux, l'autre renfermant un acide particulier qui a la propriété de cailler le lait et de le dissoudre ensuite. La membrane interne chargée de ce rôle important a une surface moyenne d'une étendue de 1 mètre 17 décimètres carrés chez le bœuf, laquelle est quatre à cinq fois aussi grande que la muqueuse veloutée du sac droit de l'estomac du cheval. Mais chez le lama et le dromadaire, où elle est fort épaisse, sa surface est de beaucoup inférieure à ce qu'elle est chez les autres ruminants.

Les aliments qui arrivent toujours fort lentement à ce réservoir ne s'y accumulent jamais en très grande quantité ; ils s'y présentent à l'état de bouillie ténue et fluide, même chez les animaux nourris de substances sèches, telles que le foin et la paille ; ils y acquièrent une acidité très prononcée, que Duverney, Peyer, Réaumur et la plupart des observateurs ont constatée ; enfin ils y contractent une odeur particulière, caractéristique, et leurs principes azotés s'y dissolvent de même que

dans l'estomac des autres animaux. Les liquides qui les imprègnent renferment, d'après Tiedemann et Gmelin, des acides acétique, chlorhydrique et butyrique, de l'acétate et du carbonate d'ammoniaque, du phosphate, du carbonate, du sulfate et du chlorure alcalins, du carbonate et du phosphate calcaires, deux matières organiques particulières, et enfin de l'albumine. Cette dernière substance n'existe point chez les brebis nourries avec de la paille. Je n'ai pu en reconnaître la présence chez les vaches entretenues avec du foin.

Le travail de la chymification doit être évidemment plus complet dans la caillette qu'il ne l'est dans l'estomac simple des autres herbivores, à cause de l'extrême division des aliments et de leurs élaborations préparatoires, ensuite par le fait de l'abondance du suc gastrique sécrété sur une très grande surface muqueuse. Ce travail suffit à la dissolution de la chair, soit que cette substance y arrive très divisée, comme on le voit pour les animaux qui en font usage, soit qu'elle s'y trouve déposée en masses plus ou moins volumineuses, par l'intermédiaire d'une fistule au rumen. Dans le premier cas, cet aliment se trouve à l'état de division le plus complet qui se puisse imaginer, ainsi que j'ai eu l'occasion de le voir sur un bouc nourri pendant huit jours seulement avec des muscles cuits. Dans le second cas, la chair n'arrive à l'intestin qu'après un séjour suffisant pour sa dissolution, car le pylore étroit ne laisse point passer les aliments en masses un peu volumineuses.

Le passage des aliments de la caillette dans l'intestin grêle doit être fort lent, en raison de l'étroitesse de l'ouverture pylorique. Celle-ci, entourée d'une ceinture musculaire épaisse, ressemble à celle de l'estomac des carnivores; elle est évidemment disposée pour retenir les aliments qui ne sont point parfaitement atténués. On sait que les billes, les boules métalliques un peu volumineuses données aux ruminants ne passent point dans l'intestin ; celles qui sont très petites peuvent seules franchir la barrière, comme le faisaient les tubes que Réaumur et Spallanzani firent avaler à des moutons.

La digestion gastrique dont nous venons d'examiner les différents actes est donc beaucoup plus compliquée que celle des autres animaux. Elle comprend une série d'opérations qui s'effectuent, tantôt simultanément, tantôt d'une manière successive. Les deux premiers réservoirs travaillent à la rumination et préparent ainsi les aliments qui doivent être poussés dans la caillette. Le troisième, étranger à la rumination, arrête les aliments imparfaitement atténués, les force à séjourner dans le réseau et la panse, et ne donne accès qu'aux matières ruminées ou à celles qui n'ont pas besoin de l'être ; il règle l'abondance du courant qui entretient et renouvelle la masse sur laquelle agit le suc gastrique. Enfin le quatrième, agent réel de la chymification, exhale le fluide dissolvant par sa vaste surface et ne laisse parvenir à l'intestin, au travers de son pylore resserré, que les matières parfaitement ramollies et réduites en bouillie. La multiplicité de ces opérations a pour résultat de rendre, comme l'avait judicieusement remarqué Peyer, la digestion des aliments plus complète chez les ruminants que chez les autres herbivores ; elle a aussi pour conséquence de donner une prédominance extrême au travail gastrique et de simplifier les élaborations intestinales.

V. DE LA DIGESTION GASTRIQUE DES OISEAUX.

L'appareil gastrique des oiseaux, qui diffère très sensiblement de celui des mammifères, fonctionne aussi suivant un mode particulier sur lequel il importe de nous arrêter un instant.

Cet appareil se présente dans toute sa simplicité chez les oiseaux de proie, tels que le hibou, l'épervier, la buse. L'œsophage, large, dilatable vers la partie inférieure du cou, y est généralement dépourvu de la partie qu'on désigne sous le nom de jabot dans les gallinacés; il se continue, sans démarcation marquée, avec un estomac simple, longitudinal, à parois minces, et recourbé en crosse à son extrémité intestinale. Au point où ce canal finit, il a un diamètre à peu près égal à celui de l'estomac, de telle sorte que celui-ci semble un prolongement œsophagien. La limite supérieure de l'estomac est indiquée par une ceinture glandulaire, large de plusieurs centimètres, visible même à travers la membrane charnue et rappelant, par son aspect, une large glande agminée de l'intestin grêle des mammifères. Au delà de cette couronne, dont tous les follicules sont pourvus de larges orifices, la membrane muqueuse redevient mince et lisse, le réservoir se recourbe sur lui-même, se rétrécit brusquement en formant une petite ampoule arrondie, puis se resserre de nouveau et se continue avec l'intestin par un orifice pylorique extrêmement étroit.

L'estomac se complique déjà chez les oiseaux qui vivent de chair et de substances végétales, la corneille par exemple. La partie du viscère dont la muqueuse porte une zone glandulaire, s'étrangle légèrement à ses deux extrémités et forme le ventricule succenturié; celle qui lui fait suite s'arrondit, devient plus ou moins globulaire, et ses parois prennent une épaisseur considérable.

Enfin chez les gallinacés, tels que le coq, le dindon, la pintade, la perdrix, le faisan, l'œsophage, en se dilatant, forme à la partie inférieure du cou un ample réservoir connu sous le nom de jabot, puis se resserre et se continue avec un petit renflement ovoïde, fusiforme, à parois épaisses et glandulaires, appelé le ventricule succenturié. Immédiatement après cette petite poche se trouve le gésier, dont les parois extrêmement épaisses sont constituées par deux muscles rouges recouverts d'une aponévrose nacrée et tapissés intérieurement par une muqueuse à épithélium dur et presque corné. Il résulte de ces dispositions que l'appareil gastrique se compose de trois sections distinctes : la première, destinée à tenir en dépôt les aliments, les humecter et les pousser insensiblement vers les parties profondes ; la seconde, chargée de la sécrétion du suc gastrique, et enfin la troisième affectée au broiement ou à la trituration des matières alimentaires.

Les différences que présentent les organes de la digestion gastrique dans les oiseaux carnivores comparés aux granivores se trouvent en rapport avec d'autres différences remarquables qui donnent à cette fonction une physionomie spéciale tout à fait caractéristique dans chacun des deux groupes de cette classe de vertébrés. Aussi est-il indispensable pour se faire une idée exacte du travail de la chymification chez les oiseaux, d'en considérer les phases successives.

Les graines et les autres substances dont se nourrissent les gallinacés se rendent

d'abord dans le jabot, en déterminent la distension graduée et s'y accumulent en quantité considérable. Là ces aliments s'humectent, se gonflent et paraissent acquérir une acidité assez prononcée, d'après les observations de Tiedemann et Gmelin. Ils s'imprègnent d'un liquide exhalé par la muqueuse de cette poche moyenne dans l'épaisseur de laquelle se voient de petites glandes très multipliées du côté des orifices supérieur et inférieur. Ce liquide, dont la nature n'est point encore bien déterminée, semble sécrété en proportion assez considérable, car Spallanzani en obtint, à l'aide de petites éponges, une once en douze heures sur un pigeon, et sept onces en dix heures seulement sur un coq d'Inde. Pourtant on ne voit jamais les graines du jabot baignées dans ce fluide, et on ne les y trouve même pas ordinairement très ramollies.

Les aliments accumulés dans la dilatation œsophagienne y font un assez long séjour. Tiedemann et Gmelin ont constaté que les grains avalés par une poule en un repas ne sont sortis de ce réservoir qu'au bout de douze à treize heures ; mais souvent ils y demeurent plus longtemps, car un dindon que j'entretenais avec de l'avoine mettait de dix-huit à vingt heures à faire passer dans le gésier les deux décilitres de cette céréale qu'il mangeait en une seule fois. La moitié de cette quantité n'en était pas encore complétement sortie après douze à quatorze heures. Le passage des aliments du jabot dans le ventricule succenturié et de là dans le gésier se fait d'une manière graduée et insensible ; il se proportionne, comme le disait Spallanzani, à la quantité que le gésier peut triturer dans un temps déterminé. Par ce moyen le travail de la chymification devient uniforme et s'entretient d'une manière permanente, de même que chez les ruminants, où la panse alimente presque continuellement la caillette, pourvu que la rumination s'opère avec régularité.

Il est indispensable que les contractions de ce réservoir acquièrent une énergie assez considérable pour qu'il puisse chasser vers le gésier et à travers un orifice étroit des graines aiguës ou couvertes d'aspérités, des corps compressibles comme une petite éponge, ou à surface irrégulière comme des noix et des amandes. Le dindon sur lequel expérimentait Réaumur ne mettait pas vingt-quatre heures pour le débarrasser de vingt à vingt-quatre noix, et un oiseau de cette espèce que j'avais obligé à avaler sept petites éponges, n'en conservait plus que deux dans cette poche au bout de cinq heures.

Les aliments poussés en petite quantité par le jabot arrivent dans le ventricule succenturié et s'y mettent en contact avec le suc gastrique que sécrète la muqueuse de ce petit réservoir ; mais ils y séjournent fort peu de temps et ne s'y accumulent jamais en proportion considérable, car cette poche est peu dilatable et d'une faible capacité.

Le ventricule succenturié, parfaitement distinct du gésier chez les gallinacés et beaucoup d'autres oiseaux, présente, à sa face interne, un grand nombre de glandes volumineuses très visibles à l'œil nu, couchées obliquement dans l'épaisseur de la muqueuse et pourvues d'orifices dirigés en arrière. Ce sont ces tubes glanduleux qui sécrètent le suc gastrique, comme le font les petits tubes microscopiques de la muqueuse stomacale des mammifères. Il suffit d'appliquer un papier bleu de tournesol sur cette muqueuse, pour s'assurer de l'acidité du liquide qui s'échappe des ouvertures dont elle est criblée ; et en faisant parvenir jusque-là de

petites éponges qu'on retire ensuite au moyen d'un fil, il est facile d'obtenir une quantité notable du suc dissolvant.

Le suc gastrique ainsi exhalé n'agit guère sur les aliments que contient ce réservoir, puisque ceux-ci ne font, en quelque sorte, que passer dans sa cavité avant d'être triturés ; il est versé dans le gésier et agit sur les substances alimentaires à mesure qu'elles sont broyées et réduites en une bouillie homogène. On ne sait si le mucus épais qui sort des tubes glanduleux avec le suc gastrique accompagne celui-ci dans le gésier et s'il possède d'autres propriétés que celle de lubréfier la surface de la membrane muqueuse.

Les caractères et les propriétés de ce liquide ont été déterminés depuis longtemps. Spallanzani, de même que Réaumur, l'avait vu peu épais lorsqu'il avait été obtenu à l'aide de petites éponges : il leur avait paru visqueux et très consistant sur des animaux à jeun, car ils prenaient alors le mucus acide ou neutre pour du véritable suc gastrique. Tiedemann et Gmelin ont trouvé dans celui de l'oie, recueilli avec le secours de petites éponges, de l'acide chlorhydrique et de l'acide acétique libres, du chlorure de sodium et du chlorure de calcium, du chlorhydrate d'ammoniaque, du sulfate de chaux, une matière animale particulière, précipitable par les acides, et une autre susceptible d'être isolée par l'alcool ; enfin, de la graisse et du mucus. Mais comme ces expérimentateurs avaient laissé parvenir leurs éponges dans le gésier où se trouve constamment du sable et d'autres substances étrangères, il est évident que l'analyse qu'ils ont donnée portait sur un liquide impur et hétérogène.

Quoi qu'il en soit, le suc gastrique des oiseaux est constamment acide, comme Duverney, Réaumur et d'autres l'avaient déjà constaté ; il communique son acidité à l'épithélium corné du gésier et même à la membrane sous-jacente, comme je m'en suis assuré sur le coq. Aussi cet épithélium et la membrane interne du ventricule succenturié jouissent-ils de la propriété de cailler le lait, ainsi que plusieurs physiologistes en avaient fait autrefois la remarque.

Les aliments, après avoir traversé le ventricule succenturié qui a versé sur eux le fluide dissolvant, arrivent dans le gésier où ils doivent être triturés et réduits en une pulpe homogène. Ce troisième réservoir, dont les parois sont extrêmement épaisses et pourvues de deux muscles circulaires énormes, est admirablement disposé pour remplir le rôle que les expériences de divers physiologistes ont si bien déterminé. Ses contractions énergiques déploient une force considérable qui suffit à broyer même des corps beaucoup plus durs que les grains dont se nourrissent les gallinacés.

Borelli, expérimentant sur les cygnes du palais de Florence, avait constaté que le gésier de ces palmipèdes brise aisément les noyaux de la pistache et de l'olive ; Redi avait observé que cet organe peut, chez la poule, le canard et le pigeon, réduire en poussière de petites boules creuses de cristal ; Réaumur et Spallanzani étudiant avec soin l'action si remarquable de cet appareil de trituration destiné à tenir lieu de la mastication qui ne saurait s'opérer dans la bouche, Réaumur donna six boules de verre pleines de graines à un dindon et tua l'oiseau le lendemain : le jabot était vide et le gésier ne contenait plus aucun vestige palpable des boules. Il fit avaler deux perles pleines de grains à un canard, et seulement trois heures après leur ingestion, le gésier n'en retenait plus que deux petits fragments. Deux autres

perles furent données à un coq : l'une d'elles restait encore dans le jabot au bout de trois heures, mais la seconde était déjà broyée et les fragments en étaient si fins, ajoute l'illustre académicien, qu'on ne put les retrouver, ni dans l'estomac, ni dans l'intestin. Quatre tubes de verre qui pouvaient supporter sans se briser le poids d'un homme, furent, au bout de vingt-quatre heures, trouvés brisés : leurs arêtes avaient disparu, et leurs surfaces, surtout les convexes, avaient été rayées et dépolies. Ces tubes ne s'étaient point fendus, par suite du gonflement des grains qu'ils contenaient, car des tubes semblables, mais vides, furent également brisés. Pour juger de la force de l'estomac, Réaumur fit avaler à un dindon des tubes de fer-blanc qui supportaient sans se déformer un poids de 535 livres, et il retrouva ces tubes aplatis et bosselés. Cette puissance énorme du gésier que Borelli avait évaluée à 1350 livres, semble infatigable. Dix-huit noisettes données à un coq furent pulvérisées et complétement digérées en moins de vingt-quatre heures. Vingt-quatre noix avalées par un coq d'Inde furent également digérées pendant la même période. Réaumur fit remarquer que cette trituration, qui est aidée par les graviers contenus dans l'estomac, est indispensable à la digestion des grains, car des grains entiers renfermés dans des tubes percés avalés par les gallinacés, s'y retrouvent intacts au bout de quarante-huit heures, et les grains cuits s'y retrouvent de même après vingt-quatre heures.

Spallanzani, par des recherches analogues, arriva aux mêmes résultats. Des morceaux de verre, enveloppés dans une petite carte et avalés par un coq, perdirent leurs arêtes au bout de vingt heures. Une balle de plomb traversée de douze aiguilles dont les pointes dépassaient fut avalée, sous enveloppe, par un dindon : au bout d'un jour et demi, les aiguilles étaient brisées, et les pointes de deux d'entre elles seulement se trouvaient dans l'estomac dont la face interne ne paraissait nullement blessée, grâce à sa couche épaisse d'épithélium corné. Douze pointes de petites lancettes fixées à une balle de plomb furent données à un animal de la même espèce : au bout de seize heures, elles étaient rompues, et trois d'entre elles restaient dans le gésier.

Enfin, Spallanzani démontra que la trituration des aliments opérée par une puissance musculaire si énergique, n'est qu'un moyen de préparer, de faciliter la dissolution de ceux-ci dans le suc gastrique. C'est là une conclusion parfaitement exacte, qu'il serait aujourd'hui superflu d'étayer sur de nouvelles preuves.

La digestion gastrique chez les oiseaux de proie s'opère avec plus de simplicité que chez les oiseaux granivores.

L'oiseau carnassier avale sa proie tout entière, si elle n'est pas trop volumineuse pour s'engager dans son bec et traverser un large œsophage; il la déchire, seulement pour que la déglutition en soit possible, si elle a une masse trop considérable ; et avec la chair il avale la peau, les poils, les plumes de la victime. Tout cela descend immédiatement dans l'estomac, car ici le jabot manque, et le ventricule succenturié n'est plus distinct du gésier, dont les parois sont devenues fort minces et entièrement membraneuses. Une fois que l'estomac est distendu, les aliments que l'animal prend s'arrêtent à la partie inférieure de l'œsophage, et ils ne descendent dans le viscère que par suite de la digestion d'une partie des premiers.

Réaumur avait déjà reconnu que la chymification, chez les oiseaux à estomac

membraneux, n'a d'autre agent qu'un dissolvant spécial, car le gésier à parois minces ne possède plus la faculté triturante qu'il avait, à un si haut degré, dans les gallinacés. Ce fluide est sécrété par la couronne glanduleuse si apparente chez le hibou, l'épervier, le butor, la buse, le héron, dont le gésier longitudinal et membraneux se continue sans aucune démarcation avec un très large œsophage. Ayant fait avaler à une buse des tubes percillés et pleins de chair, Réaumur observa qu'au bout de vingt-quatre heures cette substance se trouvait ramollie, gélatineuse et réduite au quart ou au tiers de son volume initial. Ayant aussi donné à cet oiseau des fragments d'os d'un jeune poulet, renfermés dans un petit tube, il s'assura que leur dissolution s'était opérée en vingt-quatre heures.

Spallanzani, en expérimentant sur des chouettes, des faucons, des ducs et des aigles, vit que le tissu des muscles, des tendons, des cartilages, se dissout très vite dans le suc gastrique. Il remarqua que ces oiseaux vomissent au bout de dix-huit, vingt, et vingt-quatre heures, les parties indigestes qui se trouvent mêlées aux autres, et seulement lorsque celles-ci, complétement dissoutes, ont passé dans l'intestin. Les os de leurs victimes sont rendus aussi par cette sorte de vomissement, car la durée ordinaire de la chymification de la chair est insuffisante pour que leur altération soit bien sensible; néanmoins, ils peuvent se dissoudre s'ils font un séjour assez long dans l'estomac. En effet, un morceau de fémur de pigeon, donné à plusieurs reprises à une chouette, finit par se perciller comme un tube de papier et par disparaître complétement. Une bille d'os de 4 lignes et demie fut réduite dans l'estomac d'un faucon à un diamètre d'une ligne et un tiers au bout de trente-cinq jours.

Il est à noter que les substances indigestes se rassemblent en une pelote régulière à la périphérie de laquelle sont les poils, les plumes, et au centre, les os ou les productions cornées très dures. Je les ai vu rendre très molles au bout de seize à vingt heures, à un hibou que je nourrissais avec des souris : j'ai trouvé une de ces pelotes du poids de 26 grammes, dans l'estomac d'une buse qui avait mangé à son dernier repas deux taupes dont la plupart des os étaient reconnaissables.

Cette pelote se forme par un mécanisme extrêmement simple. A mesure que les substances solubles se ramollissent et deviennent diffluentes, elles sont poussées dans l'intestin par les contractions des parois gastriques qui, insensiblement, s'affaissent et se moulent sur les parties réfractaires; celles-ci ne peuvent être entraînées dans l'intestin, car il y a un double pylore dont le dernier est d'une étroitesse extrême, disposition nécessaire pour arrêter même le duvet des oiseaux ou les poils des petits mammifères. Le rétrécissement pylorique que nous avons déjà noté chez les mammifères carnassiers se retrouve ici à son plus haut degré, du moins chez le hibou, l'épervier, le héron, la buse, etc. Il importe d'en tenir compte pour s'expliquer diverses particularités de la digestion des oiseaux carnivores.

Enfin, les actes de la digestion gastrique offrent encore quelques caractères spéciaux chez les oiseaux qui ont ce que Spallanzani appelle un *estomac moyen*, c'est-à-dire un gésier dont les parois tiennent le milieu entre celles du gésier épais des gallinacés et celles du gésier mince et membraneux des rapaces.

Les corneilles, qui doivent être considérées comme formant le type des oiseaux à estomac moyen, ont encore un gésier d'une épaisseur considérable ; elles ne peu-

vent déformer les tubes qu'aplatit un pigeon, mais elles dépriment légèrement des tubes de plomb très minces; elles vomissent aussi les parties indigestes, mais au bout de deux à trois heures seulement. Les expériences du physiologiste de Pavie ont démontré que la dissolution des aliments ne s'opère que dans l'estomac des corneilles et non pas aussi dans l'œsophage, si ce n'est avec une extrême lenteur.

Les hérons sont placés par Spallanzani dans la même catégorie. Ils pourraient même froisser légèrement des tubes de fer-blanc. Le héron, pourtant, a un estomac aussi mince et aussi complétement membraneux que les oiseaux de proie de nos pays, et je ne vois entre son gésier et celui de la buse aucune différence.

CHAPITRE XXIX.

DE LA DIGESTION INTESTINALE.

Les aliments convertis en chyme sous l'influence du suc gastrique, sont poussés insensiblement et par ondées dans l'intestin. Là ils se mettent en contact avec la bile, le suc pancréatique et divers fluides intestinaux qui leur font subir les modifications à la suite desquelles ils donnent aux chylifères et aux veines une partie de leurs principes assimilables destinés à la reconstitution du sang. Enfin ces aliments, dépouillés de la plupart des matériaux nutritifs, sont éliminés après avoir parcouru avec plus ou moins de rapidité tout le trajet du tube intestinal. Ce sont ces dernières opérations qui nous restent à étudier, pour compléter la série des actions digestives.

I. DE LA SÉCRÉTION BILIAIRE.

Le premier des fluides versés sur les aliments parvenus dans l'estomac est la bile, dont les usages, cherchés depuis si longtemps, sont encore peu connus.

L'organe sécréteur de ce fluide paraît représenté chez les animaux inférieurs par de petites cellules diversement colorées et disséminées à la face interne du tube digestif; puis, à un degré plus élevé, par des cellules semblables, mais groupées à l'intérieur de petits tubes ou de petits cœcums, tantôt simples, tantôt ramifiés et ouverts sur le trajet de l'intestin. Il n'apparaît sous la forme de glande conglomérée que chez la plupart des mollusques, et il conserve cette forme dans toutes les classes de vertébrés.

Le foie de ces derniers, toujours très volumineux, est situé en avant de la cavité abdominale, il reçoit le sang d'une artère et celui du système de la veine-porte. La bile qu'il sécrète est versée directement dans l'intestin ou n'y est amenée qu'après avoir séjourné dans un petit réservoir connu sous le nom de vésicule biliaire.

Cette vésicule existe chez tous les carnassiers, la plupart des oiseaux, des poissons et tous les reptiles. Elle manque chez les diverses espèces de solipèdes, chez plusieurs pachydermes, l'éléphant, le rhinocéros, le daman, le tapir, le pécari, le

cerf, le chevreuil, le chameau, le lama, le rat et divers oiseaux, tels que l'autruche, le pigeon, le coucou, le perroquet.

Le canal qui apporte la bile dans l'intestin est ordinairement simple chez les mammifères et multiple chez les oiseaux et un grand nombre de reptiles. Son insertion est, d'après les observations de Cuvier et de M. Duvernoy (1), très rapprochée du pylore dans les carnassiers, la plupart des rongeurs, notamment le lièvre et le lapin, plusieurs pachydermes, le porc entre autres et tous les solipèdes. Elle l'est beaucoup moins chez le bœuf, le mouton, la chèvre, le dromadaire, etc. Le canal biliaire s'ouvre dans le duodénum tantôt isolément, tantôt accolé ou confondu avec les conduits pancréatiques. S'il se termine seul, c'est toujours chez les mammifères, au niveau ou en avant des canaux du pancréas, et c'est quelquefois un peu en arrière de ces derniers chez les oiseaux.

La structure intime du foie, que les micrographes nous montrent si compliquée et si difficile à débrouiller, ne doit point nous occuper ici, non plus que la question de savoir si les matériaux nécessaires à la formation de la bile viennent du sang de l'artère hépatique, de celui de la veine-porte ou des deux à la fois. Ces différents points, qu'il faudra examiner plus tard, seront mieux placés dans un autre chapitre. Contentons-nous de déterminer les caractères de la sécrétion biliaire, les propriétés et la composition de son produit, et de rechercher enfin l'action qu'il peut exercer sur les matières alimentaires.

Les caractères de la sécrétion biliaire sont loin d'être déterminés avec précision, soit d'une manière générale, soit en ce qui concerne les divers animaux supérieurs. Leur étude, qu'on aurait pu tenter aisément, a été négligée pour des discussions stériles et des calculs sans base. On est arrivé jusqu'ici sans savoir seulement si la sécrétion biliaire est continue ou intermittente, si elle est plus active pendant la digestion que dans les intervalles de cette fonction, si son produit a constamment les mêmes propriétés et quelle est la quantité de ce dernier chez telle ou telle espèce animale. On ne sait pas même, d'une manière approximative, quelle est la proportion de bile versée dans l'intestin chez un seul animal domestique.

A la vérité, quelques expériences ont été faites dans le but d'arriver à ce résultat ; mais elles sont toutes relatives à l'espèce du chien : il n'en est aucune qui ait été tentée sur un autre animal. La plupart de ces expériences, déjà fort anciennes, sont rapportées par Haller, et citées dans presque tous les traités de physiologie. D'abord c'est celle de de Graaf, qui obtint sur le chien 6 drachmes, ou environ 23 grammes, de bile dans l'espace de huit heures ; puis celle de Keil, qui recueillit 2 drachmes de ce fluide en une heure sur un animal de la même espèce. Enfin d'autres expérimentateurs en obtinrent jusqu'à 6 onces en vingt-quatre heures. Mais M. Blondlot croit que ce dernier chiffre est trop élevé pour une moyenne, en se basant à ce qu'il n'a obtenu que de 40 à 50 grammes de bile dans la même période. MM. Leuret et Lassaigne (2) assurent « qu'on peut évaluer à 2 onces celle que fournit le canal biliaire du cheval dans l'espace d'un quart d'heure, » mais ils ne disent par sur quoi ils fondent leur évaluation.

(1) Voyez les *Leçons d'anatomie comparée*, t. IV, 2ᵉ partie, p. 543.
(2) *Ouv. cité*, p. 83.

Ces résultats diffèrent, comme on le voit, beaucoup les uns des autres, et cela devait être, à cause des différences dans la taille des animaux qui ont servi aux expérimentateurs. On conçoit que si ces derniers avaient tenu à s'entendre ils auraient choisi pour sujet de recherches un animal qui fût, comme le chat, le lapin, toujours à peu près de la même taille. On conçoit également qu'il est fort difficile, à l'aide de données si variables, d'évaluer la quantité de bile sécrétée chez l'homme. Haller, qui avait voulu le faire, en comparant le poids du chien à celui du corps humain, était arrivé à porter le chiffre de la sécrétion à 24 onces en vingt-quatre heures, chiffre qu'on trouve généralement exagéré.

L'expérimentation n'ayant rien appris sur la quantité de bile sécrétée chez les autres animaux, il est entré dans l'idée de certains auteurs de la déterminer par des moyens indirects plus ou moins singuliers. Borelli (1), comparant le diamètre d'une des divisions du canal biliaire avec celui d'une des branches de la veine-porte, évalue à 34 livres la quantité de bile que le foie de l'homme sécrète en vingt-quatre heures M. Schultz (2), déterminant la quantité de ce fluide qui est nécessaire pour neutraliser l'acidité d'une masse donnée de chyme, porte au chiffre énorme de 37 livres et demie le produit qu'un bœuf fournit dans le même temps. Il serait bien superflu d'insister sur l'exagération outrée de ces calculs dont le premier est sans fondement réel, et dont le second repose sur des bases fausses ou incertaines.

En effet, pour trouver, d'après le dernier procédé, quelle est la proportion de fluide biliaire nécessaire à la saturation du chyme qui passe dans l'intestin, durant une période de vingt-quatre heures, il faudrait d'abord connaître le poids de ce chyme, puis il faudrait tenir compte de l'intervention du fluide pancréatique et du suc intestinal qui contribuent, pour une grande part, à neutraliser l'acidité des matières qui sortent de l'estomac. On a lieu de s'étonner que des savants fassent encore aujourd'hui de la physiologie comme on en faisait il y a un siècle.

Il est indispensable, pour apprécier le mode suivant lequel s'opère la sécrétion de la bile, les causes qui modifient cette sécrétion, la proportion et les propriétés du fluide qu'elle verse dans l'intestin, de recourir à la voie expérimentale. Les résultats que cette méthode permet d'obtenir établissent nettement les caractères essentiels de la fonction. Voici ceux de mes recherches sur le cheval, l'âne, le bœuf, le mouton, le porc et le chien.

Le procédé opératoire que j'ai mis en usage pour les solipèdes est fort simple, mais il est assez douloureux à cause de l'étendue considérable qu'on est obligé de donner à l'incision des parois abdominales. Lorsque le cheval est couché sur le dos et que les quatre membres sont solidement fixés en l'air, on fait sur la ligne blanche une incision qui part de l'appendice xiphoïde du sternum et se prolonge jusqu'à 30 ou 35 centimètres en avant du pubis. Cette incision étant achevée, un aide repousse en arrière et en dehors de la cavité abdominale la partie antérieure du côlon replié, et il la maintient dans cette situation. Cela fait, l'opérateur pénètre jusqu'à la scissure postérieure du foie, isole le canal hépatique, le plus souvent très gonflé, l'incise légèrement, aussi près que possible de l'intestin, y engage une

(1) Cité par M. Bérard, t, II, p. 321.
(2) Burdach, t. VII, p. 439.

sonde et l'y fixe au moyen d'une ligature. Cette sonde, munie d'un léger bourrelet à son extrémité qui pénètre dans le canal, doit avoir un diamètre de 8 à 10 millimètres et une longueur de 50 centimètres : elle doit être assez résistante pour ne pas s'affaisser par la pression des viscères et celle de la ligature, et assez flexible pour suivre le foie et la concavité du diaphragme. Une fois fixée, on remet le gros intestin en place, et l'on ferme la plaie du ventre par une forte suture à points très rapprochés, au moyen du ruban de fil; puis on relève l'animal.

Dès que celui-ci est debout, on voit la bile s'échapper par l'extrémité libre de la sonde, et beaucoup mieux qu'au moment du décubitus dorsal. Pour la recueillir sans perte on adapte à la sonde une vessie de caoutchouc munie d'un petit robinet, comme celle dont j'ai donné la figure pour les expériences sur les glandes salivaires. Mais comme cette vessie, dont on retire le contenu toutes les fois qu'on le juge nécessaire, exerce une traction notable sur la sonde, et par conséquent sur le canal biliaire, on a le soin de la soutenir à l'aide d'une ceinture fixée autour de la poitrine en guise de sangle ou de surfaix.

On peut aussi obtenir ce fluide par un autre procédé; celui-ci consiste à lier le pylore et les canaux pancréatiques, puis à pousser dans la portion flottante de l'intestin grêle, au moyen d'une légère pression de la main, le contenu du duodénum à l'extrémité duquel on applique aussitôt une ligature. La bile s'accumule dans cette première partie de l'intestin, mais elle se trouve mêlée au suc des glandes de Brunner. En moins d'une heure et demie elle a distendu le duodénum depuis le pylore jusqu'à la naissance de la grande mésentérique. Voici les résultats obtenus par le premier procédé sur deux chevaux qui se trouvaient en pleine digestion au moment de l'expérience. (Voir le tableau, page suivante.)

En suivant attentivement cette expérience, dont les résultats sont les mêmes, à part quelques variations légères qui tiennent à la taille, l'âge, la vigueur des animaux, l'état de la digestion, etc., on constate :

Premièrement, que la sécrétion biliaire est continue, soit que les animaux se trouvent en pleine digestion au moment de l'opération, soit qu'on les ait préalablement fait jeûner.

Deuxièmement, que cette sécrétion n'éprouve pas d'oscillations bien sensibles, comme nous en avons vu pour la sécrétion des glandes salivaires et comme nous en observerons pour la sécrétion pancréatique.

Troisièmement, que cette fonction se ralentit à mesure que la digestion est plus troublée et que les animaux souffrent et s'affaiblissent davantage.

Quatrièmement, que son produit moyen, pour chacune des trois ou quatre heures qui suivent l'établissement de la fistule, est de 250 à 300 grammes; d'où l'on peut conclure que sa quantité totale s'élève, en une période de vingt-quatre heures, à au moins 6000 grammes pour un cheval de taille ordinaire.

Cinquièmement enfin, que la bile paraît toujours avoir les mêmes caractères, le même degré de consistance, de fluidité, la même couleur et la même réaction légèrement alcaline.

La sécrétion biliaire présente les mêmes caractères dans tous les autres animaux domestiques.

Chez l'âne et le mulet son produit est, proportionnellement à la taille de ces

solipèdes, aussi considérable que chez le cheval. Il s'est trouvé de 60 à 80 grammes par heure sur un très petit âne, dont les fonctions digestives paraissaient encore assez actives.

PREMIER CHEVAL.

HEURES.	TEMPS en minutes.	QUANTITÉS en grammes.	OBSERVATIONS.
1	30	236	L'animal est debout.
	30	150	Id.
2	30	32	Il est couché et la sonde
	30	119	paraît comprimée.
3	30	150	Il est couché sur le côté.
	30	145	Id.
4	30	129	Id.
	30	113	Id.
5	30	120	Il est debout.
	30	132	Id.
6	30	134	Id.
	30	130	Id.
7	30	119	Id.
	30	110	Id.
8	30	101	Id.
	30	83	Id.
9	30	75	Id.
	30	71	Id.
10	30	72	Id.
	30	46	Id.
11	30	49	Id.
	30	43	Id.
12	30	49	Il mange un peu.
	30	47	On cesse de recueillir
24	30	46	la bile de la 12e à la
	30	79	25e heure.
25	30	78	
	30	70	Il est debout.
26	30	65	Id.
	30	65	Id.
27	30	50	Id.
	30	48	Id.
28	30	47	Id.
	30	45	Id.
29	30	46	Id.
	30	51	Id.
30	30	59	Id.
	30	56	Id.
31	30	58	Id.
	30	69	Id.
36	30	60	Id.
	30	63	Id.

DEUXIÈME CHEVAL.

HEURES.	TEMPS en minutes.	QUANTITÉS en grammes.	OBSERVATIONS.
1	30	150	L'an. est encore couché.
	30	178	Il est debout.
2	30	123	Id.
	30	118	Id.
3	30	117	Id.
	30	104	Id.
4	30	102	Id.
	30	92	Id.
5	30	84	Id.
	30	75	Id.
6	30	72	Id.
	30	64	Id.
7	30	75	Id.
	30	77	Id.
8	30	74	Id.
	30	80	Id.
9	30	68	Id.
	30	62	Id.
10	30	60	Id.
	30	61	Id.
11	30	59	Id.
	30	62	Id.
12	30	48	Id.
	30	62	On ne recueille pas la
23	30	60	bile de la 12e à la 23e
	30	59	heure.
24	30	58	
	30	59	Il est debout.
25	30	69	Id.
	30	65	Id.
26	30	57	Id.
	30	57	Id.
27	30	56	Id.
	30	66	Id.
28	30	67	Id.
	30	53	Id.
29	30	55	Id.
	30	58	Id.
35	30	57	Id.
	30	48	Id.
36	30	46	Id.
	30	45	Id.

Chez le bœuf il est fort difficile, sans une grande incision, de fixer un appareil au canal cholédoque pour recueillir la totalité de la bile. Mais on peut aisément, en établissant une fistule au fond de la vésicule biliaire, étudier diverses particu-

larités relatives à la sécrétion de la bile et au rôle du réservoir dans lequel elle reflue en plus ou moins grande quantité, suivant l'état de la digestion. A cet effet, on pratique en arrière de la dernière côte droite, et à partir d'un décimètre en dessous des apophyses transverses des vertèbres lombaires, une incision longue comme le doigt. Par cette ouverture on attire le fond de la vésicule, on l'ouvre et on y fixe un tube à l'aide d'une ligature très serrée; puis on réunit les lèvres de la plaie abdominale par quelques points de suture. L'animal souffre peu de cette opération; il mange dès le jour même, ne tarde pas à ruminer; au bout de six, huit, dix jours, le tube se détache, la plaie se resserre, et en quelques semaines la fistule s'oblitère et l'animal guérit. J'ai constaté, en suivant cette expérience faite sur un taureau d'un an, qu'il s'écoule par l'ouverture de la vésicule jusqu'à 100 et 120 grammes de bile épaisse et visqueuse en une heure; mais il m'a été impossible de découvrir, d'une manière précise, dans quelles circonstances la vésicule se vide ou se remplit. L'écoulement du liquide éprouvait de nombreuses oscillations pendant le repas, la rumination et l'abstinence; il variait dans des limites considérables, suivant que l'animal était debout ou couché, en repos ou en mouvement; tantôt il se montrait fort abondant, d'autres fois il était très faible, et souvent pendant des heures entières il était complétement suspendu. La pression exercée sur la vésicule par suite du décubitus latéral, les expirations brusques, les efforts, la secousse qui accompagne le départ de la pelote lors de la rumination, activaient notablement l'excrétion du liquide qui, alors, s'échappait par petites ondées à l'orifice du tube.

On conçoit que cette expérience peut servir à déterminer la quantité de bile qui est détournée dans la vésicule, suivant les diverses circonstances relatives à la digestion, et qu'elle donne un moyen fort simple d'étudier les effets des substances diverses introduites dans les voies digestives, des purgatifs par exemple, l'influence des nerfs vagues sur la sécrétion, l'élimination de certains principes introduits dans l'économie, etc.

Chez le mouton, il est facile d'établir une fistule à la vésicule ou au canal cholédoque. Celle que je fis au conduit biliaire, tout près de son insertion, sur un petit bélier, donna 18 grammes dans la première heure, 15 grammes dans la seconde, 14 grammes dans la troisième, 10 dans la quatrième, 9 dans la cinquième, 10 dans la sixième, 16 dans la septième, et 12 dans la huitième. Pour avoir de la bile pure sur ce petit ruminant, il faut placer le tube au-dessus de l'insertion du conduit pancréatique ou bien lier ce dernier, si on fait la fistule tout près de l'intestin. Sans cette précaution, on recueillerait le mélange des deux liquides, et de plus, on observerait une intermittence qui tient à la sécrétion du fluide pancréatique.

Chez le porc, la sécrétion biliaire, fort abondante, revêt encore le même caractère que chez les solipèdes. Un appareil fixé au canal cholédoque d'un animal de cette espèce a donné 160 grammes dans la première heure, 110 dans la seconde, 106 dans la troisième, 96 dans la quatrième, et 74 dans la cinquième, et elle continua ainsi à diminuer progressivement pendant toute la journée et le lendemain jusqu'au moment où le pachyderme fut sacrifié.

Le chien ne donne en moyenne que de 8 à 15 grammes par heure, et, bien que l'application d'un appareil se fasse avec le secours d'une toute petite incision à l'abdomen, on voit la sécrétion diminuer très rapidement et descendre à un chiffre

excessivement faible. Ce ralentissement graduel de la sécrétion qui est constant dans toutes les expériences et sur tous les animaux, tient sans doute à plusieurs causes, mais surtout au trouble de plus en plus profond apporté à la digestion gastrique, intestinale, à la fièvre et au développement d'une péritonite. Du reste, il est fort remarquable que la sécrétion biliaire se ralentisse insensiblement, tandis que la sécrétion pancréatique augmente dans des proportions considérables, particularité qui devient frappante lorsque, sur le même animal, on a fait à la fois une fistule biliaire et une fistule pancréatique dont les produits sont recueillis simultanément.

Ainsi, la sécrétion biliaire n'est donc point intermittente comme quelques auteurs l'ont avancé sans preuves. Son produit est versé dans l'intestin, d'une manière continue, et non pas seulement lors du passage du chyme dans le duodénum, comme le croyait Bichat. Il suffit de lier le pylore à un animal en pleine digestion ou bien de débarrasser le duodénum de son contenu et de le circonscrire ensuite entre deux ligatures pour s'assurer que la sécrétion n'est pas subordonnée au passage des aliments de l'estomac dans l'intestin grêle. Cette sécrétion est, dit-on, surexcitée par les purgatifs résineux, les matières grasses, les efforts du vomissement; elle serait plus active dans les climats chauds et pendant l'été que dans les pays froids et pendant l'hiver, mais tout cela n'est pas suffisamment démontré.

L'excrétion de la bile résulte du fait même de la continuité de la sécrétion, car les nouvelles quantités de fluide formées poussent les premières vers l'intestin, et ainsi de suite. Elle tient, en outre, à la contraction des canaux, laquelle devient possible dès que ceux-ci dégagés du parenchyme du foie ne sont plus fixés au tissu glandulaire par leur périphérie. Cette contraction que M. Magendie n'a pu voir ni provoquer par l'action de divers stimulants, est très faible ; elle ne peut, sur l'animal vivant, amener l'effacement de la lumière du canal et elle ne le détermine pas davantage sur le cadavre. Pourtant, les piqûres et l'application des acides à la surface extérieure du conduit biliaire provoquent parfois un resserrement manifeste. L'excrétion est favorisée par les mouvements respiratoires, comme Haller l'avait pensé et comme MM. Leuret et Lassaigne l'ont remarqué sur le cheval. Elle m'a paru sensiblement activée chez le taureau, lors des efforts un peu considérables, et à l'instant de la secousse du flanc qui coïncide avec l'entrée de la pelote dans l'œsophage pendant la rumination.

Le reflux de la bile dans la vésicule a lieu pendant l'abstinence, et même, en petite quantité, pendant la digestion, lorsque ce réservoir est flasque et peu rempli. M. Magendie (1) l'attribue à la difficulté que la bile éprouve à passer dans l'intestin, par suite du rétrécissement du canal cholédoque au point où il pénètre les tuniques du duodénum. Mais s'il en était ainsi, comme ce rétrécissement est permanent, le reflux s'opérerait aussi bien pendant la digestion que dans toutes les autres circonstances. Je ne puis admettre cette explication, car le canal cholédoque, dans sa partie la plus étroite, a encore un diamètre supérieur au canal cystique. Il me semble que le reflux n'est possible qu'à deux conditions, savoir : une contraction du duodénum et une contraction à l'extrémité inférieure du canal

(1) *Ouv. cité*, t. II, p. 476.

cholédoque ; la première exerçant une pression sur la partie du canal comprise entre la tunique charnue et la membrane muqueuse; la seconde achevant d'en fermer plus ou moins complétement la lumière ou de la réduire à un faible diamètre. Sans cela, il est difficile de concevoir comment la bile reflue avec force dans la vésicule au point de donner à celle-ci une tension considérable. Néanmoins, il est certain que le resserrement qui résulte de ces deux causes n'est ni permanent ni complet, puisque toute la bile sécrétée, lors de l'abstinence, ne pouvant s'accumuler dans la vésicule, il faut qu'elle continue à couler en partie dans l'intestin. Ce reflux, quels que soient son mécanisme et ses causes, n'est favorisé, du moins chez les ruminants, par aucune disposition spéciale des canaux : on ne voit dans ceux-ci ni replis, ni valvules propres à aider le cours rétrograde du liquide.

La totalité de la bile accumulée dans la vésicule ne vient pas seulement par la voie du canal cystique. Une faible partie de ce liquide est amenée directement dans ce réservoir, chez un certain nombre d'animaux, par les canaux hépato-cystiques dont l'existence est admise depuis fort longtemps. L'un des canaux, que Perrault a décrit sur le bœuf, se termine dans la vésicule, soit au col même, soit à 1 ou 2 centimètres au delà de ce point. On en voit souvent, chez le même ruminant, un second, et quelquefois un troisième qui s'ouvrent dans la vésicule à quelques centimètres du col, mais leur existence n'est pas constante.

Quant à savoir suivant quelle proportion la bile reflue dans la vésicule relativement à celle qui est dirigée vers l'intestin, c'est là un point fort difficile à déterminer : il ne faut pas chercher les choses introuvables, surtout quand elles sont sans importance.

Pendant la digestion, la bile qui vient du foie et celle qui s'était accumulée dans la vésicule, sont poussées vers l'intestin. Il règne quelques dissidences entre les physiologistes en ce qui concerne l'instant précis de l'évacuation de la bile cystique et les causes qui la provoquent. Les uns disent que la vésicule se vide à mesure que l'estomac se remplit; les autres prétendent que son contenu s'échappe seulement lorsque le chyme commence à passer dans l'intestin. Il est très probable que cet écoulement s'opère dans ces deux circonstances. Quoi qu'il en soit, la vésicule, pendant la digestion, contient peu de bile, et ses parois sont flasques, mais alors elle ne se vide jamais complétement.

Les causes de l'écoulement de la bile cystique sont la contraction des parois du réservoir, la pression qui est exercée à sa surface et peut-être la dilatation du duodénum. La contraction des parois de la vésicule que Haller (1) a provoquée sur le chien, le chat et la chèvre, n'est, de l'aveu même de l'illustre physiologiste » ni forte ni vive : » aussi beaucoup d'expérimentateurs n'ont pu la constater. La compression exercée sur le réservoir par l'estomac qui se remplit contribue à l'élimination de la bile, surtout chez les ruminants dont les réservoirs gastriques acquièrent une distension considérable lors des repas. Enfin il me semble qu'à chaque instant de relâchement du duodénum, la portion légèrement dilatée, dans laquelle va pénétrer une ondée de chyme, exerce une sorte d'aspiration favorable à l'afflux de la bile.

(1) *Mémoires sur la nature sensible*, etc., t. I, p. 280.

La bile arrive dans l'intestin seule ou mêlée au suc pancréatique. Elle y arrive seule chez le bœuf, dont le canal cholédoque s'insère à une grande distance du canal pancréatique; elle y arrive mêlée avec l'autre liquide chez le bélier, la chèvre, le dromadaire, dont le conduit pancréatique et le conduit biliaire se réunissent en un tronc commun : enfin les deux fluides se mêlent à leur arrivée à l'intestin chez les solipèdes, dont les pores biliaire et pancréatique se touchent.

Dès que la bile est parvenue à l'intestin, elle ne peut plus refluer dans le canal qui l'y a amenée. Celui-ci décrit entre les deux tuniques un trajet oblique qui, chez le bœuf, a une étendue de plus de 4 centimètres. Son orifice est entouré, chez les solipèdes, d'une petite valvule circulaire flasque; et, chez les ruminants, la muqueuse qui le circonscrit ferme constamment l'ouverture, laquelle se dilate à chaque petite ondée de bile. Cette disposition a aussi pour usage de prévenir la pénétration des liquides et des aliments dans les voies biliaires.

La bile que nous venons d'amener à l'intestin a des caractères physiques quelque peu variables suivant les animaux. Elle a une couleur vert-brun chez les solipèdes, vert jaunâtre chez le porc, vert d'émeraude chez la chèvre et le mouton. Son odeur est peu prononcée ; sa saveur faiblement amère, et sa réaction légèrement alcaline. Elle est très fluide, à peine visqueuse, chez les animaux dépourvus de vésicule biliaire ; elle a aussi ce caractère chez les autres; mais elle devient épaisse et filante dans la vésicule, surtout à la suite d'un séjour très prolongé.

La composition chimique de la bile est fort compliquée, si l'on en juge par le nombre des substances qu'on a trouvées dans ce liquide, et elle est encore mal connue, si l'on tient compte des différences dans les résultats analytiques. Pourtant les chimistes habiles n'ont pas manqué aux physiologistes. Berzelius, MM. Thenard, Gmelin, Chevreul, Demarçay, Liebig, etc., ont successivement étudié ce produit de sécrétion.

D'après Berzelius, celle du bœuf est ainsi composée : — Eau, 90,44 ; matière biliaire et graisse, 8,00, — mucus de la vésicule, 0,30, — osmazôme, chlorure et lactate de soude, 0,74, — soude, 0,41, — phosphate de soude et de chaux, 0,11.

M. Thenard a trouvé dans la bile du même animal sur 800 parties : Eau, 700, — matière résineuse verte, 15, — picromel, 69, — une matière jaune en proportion variable, soude, 4, — phosphate de soude, 2, — chlorhydrate de potasse et de soude, 3,5, — sulfate de soude, 0,8, — phosphate de chaux, 1,2, et des traces d'oxyde de fer.

Tiedemann et Gmelin (1) ont reconnu dans le même liquide : 1° un principe odorant qui passe à la distillation ; 2° de la cholestérine ; 3° de la résine biliaire; 4° de l'asparagine biliaire ; 5° du picromel ; 6° une matière colorante ; 7° une matière azotée ; 8° de la gliadine ; 9° de l'osmazôme ; 10° une matière à odeur urinaire ; 11° de la matière salivaire ; 12° du mucus : 13° du bicarbonate d'ammoniaque ; 14-20° des margarate, oléate, acétate, cholate, bicarbonate, phosphate et sulfate de soude, avec un peu de potasse ; 21° du chlorure de sodium ; 22° du phosphate de chaux ; 23° et de l'eau dans la proportion de 91,51 pour 100 parties de bile.

D'après d'autres chimistes, la bile aurait une composition beaucoup moins compliquée. M. Demarçay la regarde comme formée essentiellement d'acide choléique

(1) *Recherches expérimentales sur la digestion*, première partie, p. 83.

et de soude, c'est-à-dire d'un choléate de soude en dissolution. M. Liebig (1) donne une formule peu différente de cette dernière, et il pense que le plus grand nombre des matières admises dans la bile ne sont que les produits de la décomposition exercée sur elle par les agents employés aux recherches analytiques.

On ne sait pas encore si la bile offre, chez les divers carnivores, quelques variétés de composition. Presque toutes les analyses tentées jusqu'ici portent sur celle du bœuf et de l'homme. Gmelin a analysé aussi la bile du chien, et M. Lassaigne (2) celle du cheval, dans laquelle il s'est trouvé de 95 à 96 parties d'eau, une grande quantité de résine verte, une matière jaune, beaucoup de mucus, une matière amère ayant quelque analogie avec le picromel, de la soude, du sulfate de soude, du chlorure de sodium et du phosphate de chaux. Malheureusement cette analyse a été faite d'après le produit qui s'était accumulé dans le canal hépatique dix-neuf heures après la ligature de ce conduit. M. Lassaigne a également, depuis peu, examiné la bile de cet herbivore, que j'avais recueillie immédiatement après l'établissement d'une fistule. Sa densité était de 1,005 ; elle contenait 98,3 d'eau et 1,7 de résidu sec.

Il serait bien à désirer que les chimistes nous fissent connaître, d'une manière comparative, la composition de la bile qui a séjourné dans la vésicule, et celle de la bile qui passe directement du foie dans l'intestin ; car, à en juger par les propriétés physiques, ces deux variétés ne peuvent être identiques. Il ne serait pas moins intéressant de comparer la bile du carnassier à celle de l'herbivore, la bile du fœtus à celle de l'adulte, la bile formée pendant la digestion avec celle qui est sécrétée à la suite d'une longue abstinence, la bile de l'animal sain avec celle de l'animal malade, etc. Mais on cherchera plutôt le poids atomique d'un corps ou la formule d'un principe insignifiant que la solution de ces importants problèmes.

Quel est le rôle de la bile dans les phénomènes de la digestion ? Boerhaave regardait ce fluide comme étant destiné à modifier l'acidité des liquides de l'estomac ; Haller le considérait comme l'agent de la dissolution des graisses ; Brodie croyait qu'elle concourt à la formation du chyle. D'autres ont prétendu qu'elle n'a aucun usage et qu'elle constitue un simple produit excrémentitiel. Cette dernière opinion, qui remonte à Galien, a été pendant longtemps soutenue sans preuves, et elle l'est encore aujourd'hui par beaucoup de physiologistes qui s'appuient sur des données expérimentales.

M. Blondlot ayant, à l'exemple de M. Schwann, de Louvain, établi sur des chiens une fistule à la vésicule biliaire après avoir lié le canal cholédoque, afin d'empêcher la bile de couler dans l'intestin, a observé que ces carnivores guérissent parfaitement des suites de l'opération, et que les fonctions digestives continuent à s'effectuer régulièrement, bien que le produit de la sécrétion hépatique soit versé à l'extérieur : aussi a-t-il conclu de ce fait que la bile est *inutile* à la digestion.

Il semble, au premier aperçu, que la conclusion de M. Blondlot est bien fondée et que si la bile n'est pas tout à fait inutile aux fonctions digestives, elle ne prend, du moins, à ces dernières qu'une part très peu importante. Cependant, il y a dans l'expérience même une cause d'erreur qu'il fallait éviter avant d'affirmer que toute

(1) *Chimie organique appliquée à la physiologie animale et à la pathologie*. Paris, 1841 ; p. 338.

(2) *Anatomie vétérinaire*, de M. Girard, 4e édition, t. II, p. 72.

la bile sécrétée s'écoule au dehors après la ligature du canal cholédoque. Lorsque le conduit biliaire a été lié, sans qu'on ait fait une fistule à la vésicule, sa continuité se rétablit et la bile reprend son cours normal, comme Tiedemann et Gmelin l'ont plusieurs fois observé. Quand il a été lié après l'établissement d'une fistule à la vésicule, il se rétablit encore, bien que la fistule persiste, et alors une partie de la bile reprend son cours vers l'intestin, tandis que l'autre s'échappe à l'extérieur: c'est ce que M. Schwann a constaté, et c'est aussi ce que j'ai vu sur un veau de six à sept semaines, dont j'avais lié le canal cholédoque tout près de l'intestin, après avoir fixé un tube à la vésicule. La ligature de soie dont les bouts avaient été laissés hors de la plaie, tomba le huitième jour avec son anse intacte qui indiquait évidemment la section du conduit. A partir de ce moment, l'écoulement de la bile fut moins abondant, et il diminua graduellement par la suite. Le jeune ruminant ayant été tué cinq semaines après l'opération, le canal cholédoque fut trouvé rétabli et entouré d'adhérences avec les parties voisines. La pression exercée sur la vésicule faisait couler dans le duodénum par un petit jet, la bile que le réservoir contenait. Or, n'est-il pas probable que le chien de M. Blondlot est dans le même cas que ceux de M. Schwann et que le veau dont je viens de parler? Je dirais volontiers que cette probabilité équivaut à une certitude, si n'était l'approbation académique donnée au travail de cet expérimentateur.

Il n'est donc pas démontré que la bile soit un produit excrémentitiel inutile à la digestion. Si elle avait ce caractère, on s'expliquerait difficilement pourquoi elle est versée à l'entrée de l'intestin grêle, et mêlée à d'autres liquides qui jouent un rôle incontestable dans les phénomènes digestifs. Certains de ses principes, tels que les matières colorantes, résinoïdes, les sels, sont de véritables excréments, puisque l'analyse chimique les retrouve dans les matières fécales. Mais rien ne prouve qu'il en soit de même des autres, et rien ne fait supposer que les premiers ne puissent avoir des usages spéciaux avant d'être éliminés.

Divers expérimentateurs ont attribué à la bile un rôle important, en ce qui concerne la formation du chyme. Brodie ayant observé qu'après la ligature du canal cholédoque, le contenu des chylifères n'était plus qu'un fluide transparent, a prétendu que ce fluide n'était pas du chyle, et que celui-ci cesse de se produire dès que la bile ne coule plus dans l'intestin. Brodie se fait illusion. Le liquide que charrient les chylifères après la ligature du canal cholédoque peut être encore du chyle, bien qu'il n'ait pas la teinte lactescente qu'il tient de la présence des matières grasses. Du reste, M. Magendie et d'autres expérimentateurs lui ont reconnu alors les caractères ordinaires, quant à ses propriétés physiques. Enfin, MM. Tiedemann et Gmelin, Leuret et Lassaigne ont constaté que le chyle continue à se former après l'interception du cours de la bile.

MM. Leuret et Lassaigne (1) ayant lié le canal cholédoque à un lévrier qui mangea plusieurs fois après l'opération, trouvèrent dans le canal thoracique « un liquide d'un rose jaunâtre, presque transparent. » Ce fluide donna à l'analyse de l'albumine, de la fibrine, de la soude, du chlorure de sodium, du phosphate de chaux, une matière colorante jaune soluble dans l'alcool, et une autre matière colorante

(1) *Ouv. cité*, p. 148.

rouge. Mais était-ce là du chyle ou de la lymphe ? La teinte rose jaunâtre, la presque transparence du liquide semblent indiquer que c'était de la lymphe. Néanmoins les auteurs de l'expérience le regardent comme du chyle.

MM. Tiedemann et Gmelin (1) ont pratiqué la ligature du canal sur une dizaine de chiens. A la suite de l'opération, ils ont vu survenir l'ictère, la péritonite, l'engorgement du foie. Chez les animaux qui ont survécu un certain temps, l'ictère s'est dissipé, la continuité du canal s'est rétablie, et la bile a repris son cours dans l'intestin. Chez ceux qui furent tués, alors que la bile n'arrivait plus dans l'intestin, on trouva dans les chylifères un fluide « transparent et non blanc », et dans le canal thoracique, un liquide coloré en jaune par les principes de la bile qui avait été résorbée. Mais ici encore, le contenu des chylifères n'a pas été examiné sous le rapport chimique, et il reste à savoir si le contenu du canal thoracique était autre chose que la lymphe qui s'y trouve constamment, en quantité variable, suivant les circonstances. Les analyses comparatives des expérimentateurs allemands répondraient la question si elles étaient plus complètes.

Enfin, M. Blondlot et d'autres ont vu du chyle blanc dans les vaisseaux lactés du mésentère de l'intestin grêle. Cette fois, il y a de fortes raisons de croire que ce produit a les caractères ordinaires. Mais pourquoi n'a-t-on pas analysé le fluide opaque et lactescent qui, sans aucun doute, devait se trouver dans le canal thoracique ? Il est étonnant que M. Blondlot à qui les manipulations chimiques sont familières, ait négligé de fixer sur ce point l'opinion incertaine des physiologistes.

Ainsi il semble résulter de la plupart des expériences, que le chyle se forme sans le concours de la bile ; mais il reste encore beaucoup à faire pour démontrer que ce fluide n'a pas d'influence sur la formation du chyle. On arrivera aisément à des résultats positifs en modifiant les méthodes employées jusqu'ici. D'abord, il faudra laisser de côté la simple ligature du canal cholédoque, car, en s'opposant à l'élimination de la bile, elle donne lieu à l'engorgement du foie, à l'ictère, qui compliquent d'une manière très fâcheuse les phénomènes consécutifs de l'opération. Ces troubles seront évités, soit en établissant une fistule à la vésicule après l'application de la ligature, soit, ce qui est encore bien préférable, en adaptant au canal biliaire un tube qui fasse couler la bile à l'extérieur. En second lieu, il conviendra de recueillir et d'analyser le liquide des chylifères de l'intestin grêle pour le comparer à celui que ces vaisseaux contiennent, à l'état normal, sur des animaux de même espèce que ceux employés aux expériences et entretenus avec des aliments de même nature. Cette dernière opération n'étant possible, ni sur le chien, ni même sur le cheval, il sera indispensable de la tenter sur un grand ruminant. Je dirai plus tard comment on établit aux chylifères énormes de ces ruminants des fistules à l'aide desquelles on recueille du chyle pendant des journées entières sans troubler beaucoup les fonctions digestives. Le petit veau dont il a été question tout à l'heure était dans d'excellentes conditions pour de pareilles recherches ; et on ne saurait guère douter que pendant les huit jours que sa bile fut totalement évacuée à l'extérieur, il ait continué à manger et à ruminer, sans qu'il se fût formé de chyle dans les vaisseaux lactés de l'intestin.

(1) *Ouv. cit.*, deuxième partie, p. 47.

Les divers usages attribués à la bile sont encore moins bien déterminés que celui qui est relatif à la formation du chyle.

On a prétendu, depuis fort longtemps, que ce fluide jouissait de la propriété de dissoudre les matières grasses, et, par conséquent, de rendre leur absorption plus facile. Cette opinion, de même qu'une foule d'autres, a trouvé des défenseurs et des adversaires. Sa valeur est incertaine faute de bonnes raisons, soit pour l'étayer, soit pour la renverser.

La bile paraît exercer sur l'intestin une stimulation favorable aux sécrétions intestinales et aux mouvements péristaltiques, ainsi que Galien l'avait prétendu. Pourtant, le fait n'est pas bien établi. La rareté des déjections chez les chiens dont le canal cholédoque est lié, et chez les ictériques, tient bien plus au ralentissement du travail digestif qu'à un défaut d'énergie dans les contractions du plan musculaire de l'intestin.

Elle empêche, dit-on, la décomposition putride du contenu de l'intestin. Plusieurs observateurs disent avoir reconnu aux aliments, aux liquides et aux gaz de l'appareil digestif une odeur très fétide lorsque la cours de la bile avait été interrompu. Mais s'est-on bien assuré que ce n'était point là un phénomène cadavérique?

On a pensé qu'elle déterminait la précipitation du chyle, parce qu'on a observé que son contact avec les matières sorties de l'estomac donne lieu à la formation de flocons blancs et opaques. C'est là une hypothèse peu soutenable qu'il faut laisser de côté tant qu'on ne saura pas, d'une manière précise, quelle est la nature de ces masses floconneuses.

Enfin, on a dit que la bile servait à la dépuration du sang auquel elle enlève des matériaux nuisibles ou superflus. Ce dernier usage, fort important, nous occupera par la suite. Disons seulement ici qu'une grande partie des principes constituants de la bile sont évacués avec les déjections, comme les analyses chimiques l'ont prouvé depuis longtemps. Ces principes paraissent, par suite de leur contact avec le chyme, éprouver des modifications spéciales, d'où résulte leur inaptitude à être résorbés.

II. DE LA SÉCRÉTION PANCRÉATIQUE.

Nous venons de voir la bile constamment sécrétée et constamment versée dans l'intestin. La continuité de la sécrétion hépatique indique assez que son produit remplit un rôle de dépuration ; le ralentissement de cette sécrétion et le dépôt de la bile dans un réservoir spécial, lorsque la digestion languit ou se suspend, prouvent suffisamment que ce fluide prend part à l'élaboration des matières alimentaires. La physionomie propre à l'action du foie ne va plus se retrouver à celle du pancréas : celle-ci va se présenter sous une forme nouvelle essentiellement différente du mode d'action du foie, des glandes salivaires et de tous les autres organes sécréteurs. Ici l'expérimentation va dévoiler des nuances que les ingénieuses conceptions de Bordeu et de Bichat n'ont pu comprendre.

Le pancréas, dont la structure lobulée rappelle celle des glandes salivaires, se présente sous cette forme chez les mammifères, les oiseaux, les reptiles, et sur un certain nombre de poissons ; mais il paraît remplacé dans la plupart des espèces de cette dernière classe par des canaux pyloriques ouverts à l'extrémité supérieure

de l'intestin grêle. Son canal excréteur, le plus souvent simple dans les mammifères et multiple chez les oiseaux, offre, relativement aux canaux biliaires, un mode de terminaison assez variable.

Premièrement, les canaux biliaire et pancréatique parfaitement distincts s'ouvrent à une distance plus ou moins grande l'un de l'autre, comme dans le bœuf, le porc, le lapin, le lièvre, le cochon d'Inde.

Deuxièmement, ils peuvent se terminer très près l'un de l'autre, comme dans quelques espèces de singes, d'après les observations de Cuvier.

Troisièmement, ils peuvent s'insérer au même point par deux orifices confondus, de même que chez le cheval, l'âne, le chat, etc.

Quatrièmement enfin, ils peuvent s'aboucher l'un dans l'autre et se terminer par un canal commun plus ou moins long : c'est le cas de l'homme, d'une partie des singes, des carnivores, du chameau, du lama, de la chèvre et de la brebis. Cette dernière disposition permet à l'expérimentateur d'obtenir un mélange de bile et de suc pancréatique suivant les proportions que la nature a déterminées.

Il est à noter que, chez les mammifères dont les canaux biliaire et pancréatique ne s'ouvrent pas au même point, c'est, à quelques exceptions près, le canal biliaire qui précède l'autre. Au contraire ce sont les canaux pancréatiques qui s'insèrent les premiers dans l'intestin chez la plupart des oiseaux. Les nombreuses observations de Cuvier et de M. Duvernoy établissent nettement cette loi dont la signification physiologique reste à déterminer.

Le pancréas, dont l'aspect et la structure paraissent les mêmes dans tous les animaux supérieurs, fonctionne-t-il suivant un mode invariable, pour toutes les espèces? Sa sécrétion est-elle continue ou intermittente? est-elle plus abondante à telle période de la digestion qu'à telle autre? Son produit présente-t-il des caractères et des propriétés identiques chez les carnassiers, les herbivores et les ruminants, et l'intervention de celui-ci est-elle indispensable à la digestion intestinale? Ce sont là autant de questions que l'expérimentation seule peut résoudre.

De Graaf, anatomiste hollandais, est le premier qui ait, par un procédé ingénieux, recueilli le suc pancréatique sur l'animal vivant. Depuis cet expérimentateur, MM. Leuret et Lassaigne recueillirent le suc pancréatique du cheval, MM. Tiedemann et Gmelin celui de la brebis, et tout récemment M. Bernard obtint celui du chien par une heureuse modification du procédé de de Graaf, et fit connaître une remarquable propriété de ce fluide ; mais aucun de ces physiologistes ne détermina les caractères de l'action du pancréas. Un tel résultat était d'ailleurs impossible à atteindre, chez le chien, le cheval et la brebis, pour des raisons faciles à trouver et qui seront exposées plus tard : aussi ai-je entrepris mes recherches sur les grands ruminants, chez lesquels il est facile d'établir des fistules pancréatiques, sans irriter la glande et sans troubler sensiblement les fonctions digestives (1).

Le pancréas du bœuf est couché en partie sur les circonvolutions du côlon, et en partie sur la région droite et supérieure du rumen, depuis la scissure du foie jusque au-dessous de la deuxième vertèbre lombaire; il porte, à son extrémité intestinale, un seul conduit qui s'ouvre dans le duodénum de 30 à 40 centimètres en arrière de

(1) Voy. mes expériences sur la sécrétion pancréatique des grands ruminants (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 mars 1851, t. XXXII).

l'ouverture du canal cholédoque. Ce conduit, souvent détaché de la glande sur une étendue de 2 à 3 centimètres, est assez large pour recevoir un tube d'un diamètre de 8 à 9 millimètres.

Pour arriver sur le canal excréteur du pancréas, on fait dans le creux du flanc droit une incision longue de 10 à 12 centimètres, parallèle à la dernière côte et séparée de celle-ci par un espace de 3 à 4 travers de doigt ; on divise successivement la peau et les muscles, puis on tord les petits vaisseaux qui peuvent avoir été lésés : enfin, dès que la plaie ne donne plus de sang, on ouvre le péritoine. Alors on fait au canal pancréatique, qui apparaît entre le duodénum et l'extrémité inférieure de la glande, une petite incision longitudinale par laquelle on engage un tube de verre muni d'un léger bourrelet à chaque extrémité. Celui-ci est ensuite fixé par une ligature circulaire passée autour du canal, à l'aide d'une aiguille à pointe mousse. Enfin la plaie abdominale, à travers laquelle on fait passer le tube, est fermée par une suture.

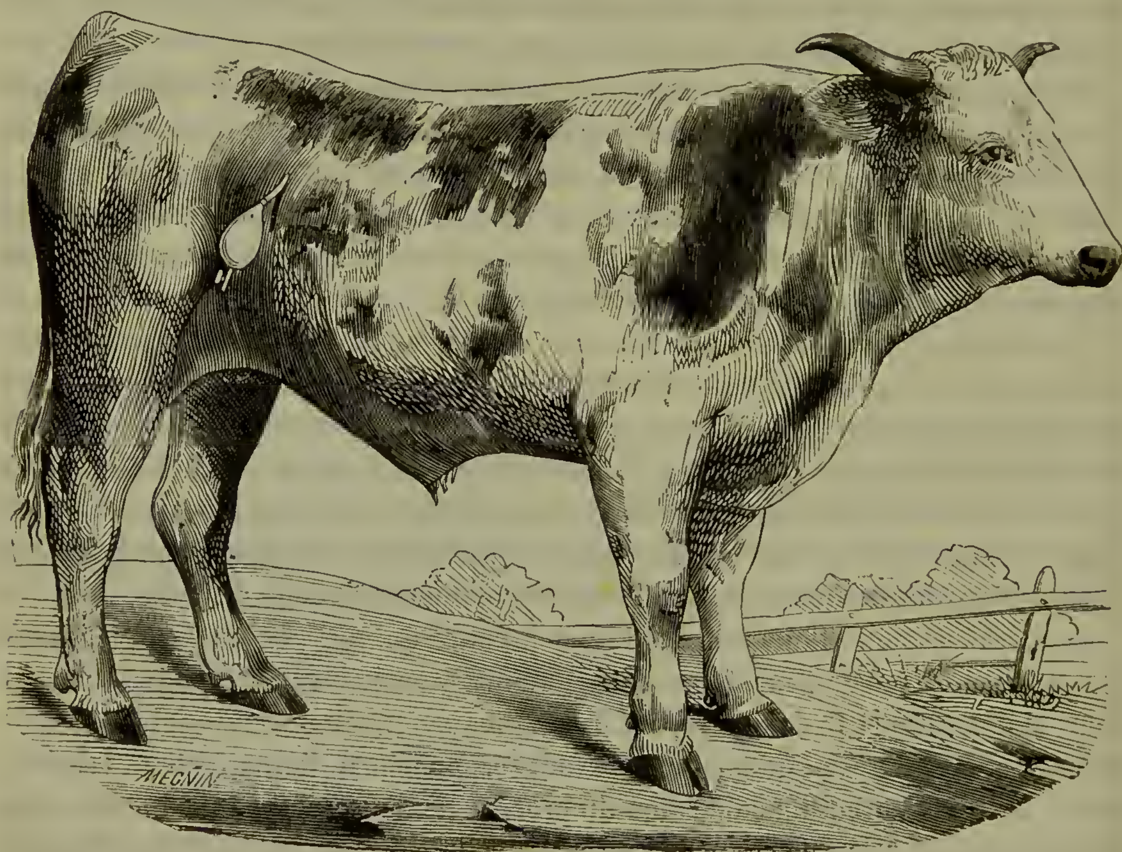


Fig. 50. — *Taureau avec l'appareil destiné à recueillir le fluide pancréatique.*

Si l'opération a été bien faite, l'intestin enveloppé dans un double sac épiploïque, n'aura pas été exposé au contact de l'air ; le pancréas n'aura été ni blessé par l'instrument tranchant, ni froissé par la main de l'expérimentateur. Si d'ailleurs la digestion était active et la sécrétion établie au moment de l'incision du canal, on verra le fluide pancréatique limpide monter plus ou moins rapidement dans le tube et s'échapper à l'extérieur. L'animal continuera à manger et à ruminer comme auparavant, et pendant cinq, six, huit jours, on pourra suivre dans toutes ses phases le travail sécréteur de la glande.

Dès les premiers moments de l'expérience, le suc pancréatique coule limpide

comme de l'eau et présente une légère viscosité qui augmente par le refroidissement. Au bout d'un certain temps, il sort moins abondamment et bientôt on voit la sécrétion se suspendre à peu près complétement ; celle-ci se rétablit ensuite d'une manière insensible, devient de plus en plus active, puis diminue et cesse de nouveau, pour reprendre son activité première, et ainsi de suite.

La sécrétion pancréatique, au lieu d'être continue et régulière, éprouve des variations qui lui donnent un type intermittent : elle oscille, dans des limites plus ou moins étendues, suivant l'état de la digestion. En général, il semble que son maximum d'activité coïncide avec la fin d'une période de rumination et avec les moments qui la suivent : alors son produit s'élève souvent au chiffre de 200 à 270 grammes par heure, pour un bœuf de taille moyenne. Voici un tableau qui résume une expérience suivie pendant une semaine. Il donne une idée suffisante de la sécrétion dans ses rapports avec l'état de la digestion.

HEURES de l'expérience.	TEMPS en heures et minutes	QUANTITÉS de suc en grammes	ÉTAT DE L'ANIMAL et OBSERVATIONS
			Premier jour.
1	1	255	L'animal est encore couché.
2	1	184	Id.
3	1	100	Il est debout.
4	1	74	Il refuse les aliments qu'on
5	1	48	lui présente.
6	1	256	Il est couché et ne rumine
7	1	240	pas encore.
8	1	216	
9	1	142	
10	1	8	
11	1	195	
12	1	212	
13	1	51	
14	1	»	L'ampoule est renversée et le liquide perdu.
15	1	00	La sécrétion est suspendue.
16	1	»	Quelques grammes seulement,
17	1	30	sécrétion suspendue.
18	1	100	
19	1	113	
20	1	46	
21	1	130	
22	1	190	
23	1	148	L'animal est couché.
24	1	»	Sécrétion suspendue.
			Deuxième jour.
1 à 2	2 ¼	164	
3	38m	158	L'animal rumine.
4	1	136	
5	1	00	Sécrétion suspendue.
6	1 ½	351	A partir de ce moment, on cesse d'observer l'animal.

HEURES de l'expérience.	TEMPS en heures et minutes	QUANTITÉS de suc en grammes	ÉTAT DE L'ANIMAL et OBSERVATIONS.
			Troisième jour.
1	1	224	L'animal mange.
2	1	216	Id. (encore un peu).
3	1	342	Rumine.
4	1	272	Ne rumine pas.
5	1	61	
6	0 ¼	101	
7	1	150	Rumine un peu.
8	1	240	
			Quatrième jour.
1	1	225	
2	1	250	
3	1	819	
4	1	180	
5	1	172	
6	1	245	
			Cinquième jour.
1	1	124	L'animal mange.
2	1	75	Il mange encore.
3	1	95	
4	1	56	Il commence à ruminer.
5	1	360	Il continue à ruminer.
»	1 ½	312	L'animal est couché.
			Sixième jour.
»	1	»	La sécrétion est à peu près
»	1	24	suspendue.
»	1 ½	43	
»	2	»	La sécrétion est suspendue.

Tel est le résultat d'une expérience qui réussit à merveille et qu'il fut possible de suivre assez longtemps pour faire une étude minutieuse de la sécrétion pancréatique. Mais les choses ne se passent pas toujours ainsi. Le pancréas est une glande dont l'action se trouble et se suspend sous l'influence d'une irritation très légère. L'expérimentateur, malgré tout le soin qu'il peut mettre à se placer dans les meilleures conditions, ne doit pas s'attendre à jouir constamment du spectacle que donne la sécrétion lorsque ses phénomènes conservent leur régularité ; il est exposé à des déceptions ou plutôt à des résultats qui s'éloignent de l'état normal. Indiquons ici les principaux, afin qu'on distingue bien les caractères typiques de la sécrétion de ceux qu'elle prend dès qu'elle vient à éprouver une perturbation plus ou moins considérable.

Si l'on établit la fistule, à un de ces moments pendant lesquels la sécrétion est suspendue ou extrêmement ralentie, on trouve le canal flasque et affaissé, et rien ne s'écoule par le tube qu'on y fixe à l'aide d'une ligature ; la sécrétion ne s'établit que quatre, cinq, six heures après que l'appareil a été fixé ; quelquefois même elle ne s'établit qu'après plusieurs jours, bien que les animaux mangent et ruminent à peu près comme dans les circonstances ordinaires. Ainsi elle n'avait pas encore repris son activité au bout de vingt-quatre heures chez un taureau très vigoureux, et au bout de quarante-huit heures chez une vache ; enfin elle ne commença à donner des quantités appréciables de liquide que le cinquième jour chez un petit taureau d'un an, dont les fonctions digestives ne furent point suspendues.

Si, au contraire, la sécrétion est active lorsqu'on fait la fistule, le liquide coule immédiatement, dès que le tube est placé, ou il commence à couler au bout d'un quart d'heure, car il peut arriver que les manipulations de l'expérience déterminent une suspension momentanée dans l'action de la glande. Alors la sécrétion présente, pendant un certain temps, les caractères ordinaires. Bientôt elle augmente graduellement et n'éprouve ni arrêt ni oscillations marquées. Ce signe de mauvais augure indique que le pancréas s'irrite et s'enflamme. Aussi la sécrétion, après s'être exagérée graduellement pendant vingt, vingt-quatre, trente heures, s'arrête presque tout à coup et demeure suspendue deux, trois, quatre jours, après lesquels on voit s'échapper des flots de suc pancréatique limpide, non visqueux, charriant des débris d'épithélium.

Ce dernier résultat est assez fréquent, car l'irritation de la plaie abdominale et celle du canal excréteur se propagent à la glande, dans une étendue plus ou moins considérable, bien que celle-ci n'ait été ni froissée ni déplacée. Nous verrons qu'il se reproduit avec une exagération telle chez le cheval, le mouton, le chien et le porc, que les véritables caractères de la sécrétion sont tout à fait masqués, et qu'ils eussent longtemps échappé aux investigations des physiologistes sans les heureuses conditions que présentent les animaux ruminants.

Enfin, dans tous les cas, soit que la sécrétion se trouve suspendue, soit que son produit s'échappe à l'extérieur pendant un certain temps, le canal se coupe au niveau de la ligature, le tube tombe six, huit jours après l'opération ; il se forme un épanchement qui cerne les extrémités du conduit divisé, et bientôt celui-ci se cicatrise et se rétablit avec un diamètre peu différent de celui qu'il avait primitivement, ainsi que je l'ai constaté deux fois sur le veau et le taureau. L'animal qui n'a

pas cessé de manger et de ruminer, guérit très promptement, comme si les parois abdominales seules eussent été divisées.

C'est par une suite d'expériences faites dans diverses conditions, c'est par une série de combinaisons bien calculées, qu'on arrive à démêler les phénomènes réguliers de la sécrétion, des phénomènes insolites et exceptionnels qu'elle peut présenter. Comme une sorte de protée, elle revêt différentes formes, parmi lesquelles il faut reconnaître celle qui appartient à l'état normal.

Chez les solipèdes (1), la sécrétion pancréatique est fort difficile à étudier. Le pancréas de ces animaux est profondément situé au-dessous de la colonne vertébrale. Son canal excréteur est enveloppé par la glande jusqu'à son insertion et il a des parois excessivement minces. Pour aller le chercher, il faut ouvrir largement le ventre, sur la ligne médiane, depuis le sternum jusqu'à 20 ou 30 centimètres du pubis, faire sortir de la cavité abdominale une partie du côlon, inciser le duodénum sur une étendue de trois à quatre travers de doigt, puis engager une sonde à bourrelet dans le canal, et l'y fixer au moyen d'une ligature très serrée qui embrasse l'extrémité inférieure de la glande; enfin il faut replacer l'intestin et fermer par une suture de ruban la plaie des parois de l'abdomen.

Ce procédé que de Graaf employa le premier sur le chien, réussit à MM. Leuret et Lassaigne sur le cheval. Il m'a permis une fois, après trois tentatives infructueuses, de recueillir une assez grande quantité de suc pancréatique. L'expérience fut faite sur un cheval qui avait mangé du foin et de l'avoine plusieurs heures avant que la fistule fût établie. Dès que le duodénum fut ouvert, et qu'une petite éponge fut engagée à l'ouverture pylorique pour prévenir l'expulsion du chyme, je vis très distinctement le liquide s'échapper en nappe et par saccades par l'orifice du canal. Une fois que la sonde munie de son ampoule de caoutchouc fut fixée, le liquide descendit dans celle-ci, même avant qu'on eût relevé l'animal. Voici le produit de la fistule depuis le commencement de l'expérience jusqu'au moment de la suspension de la sécrétion.

HEURES de l'expérience.	TEMPS en minutes.	QUANTITÉS en grammes.	ÉTAT DE L'ANIMAL ET OBSERVATIONS.
1re.	30	136	Le cheval est encore couché.
	30	138	Id.
2e.	30	125	Il est relevé.
	30	130	Il est debout.
3e.	30	156	Id.
	30	20	Id.
4e.	30	»	Quelques gouttes seulement.
	30	»	La sécrétion est suspendue et ne se rétablit plus.
5e.	»	»	

(1) G. Colin, *Expériences sur la sécrétion pancréatique du cheval, du porc et du mouton* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 28 juillet 1851, t. XXXIII).

D'après le résultat exprimé dans le tableau qui précède, on voit que la sécrétion pancréatique est uniforme pendant les deux premières heures, et qu'elle augmente un peu à partir de la troisième, pour diminuer subitement et cesser bientôt après. La moyenne de la quantité obtenue est donc à peu près de 265 grammes par heure, ou sensiblement le chiffre de la sécrétion chez la vache et le taureau. Elle aurait été plus considérable si le second canal pancréatique qui communique avec le premier eût été lié, ou si l'on eût recueilli par une autre petite sonde ce qu'il verse dans l'intestin. Mais, à supposer que le fluide charrié par ces deux conduits, dont le second est très petit, eût été obtenu, il ne faudrait pas attacher une grande importance à son chiffre, car l'irritation de la glande, suivant qu'elle est plus ou moins vive, trouble, à un degré variable, la sécrétion. D'ailleurs, la fistule peut être établie, tantôt lorsque la sécrétion est très active, tantôt lorsqu'elle est peu abondante. Évidemment elle l'était moins sur le cheval de l'expérience de MM. Leuret et Lassaigne, puisqu'elle ne donna que 96 grammes en une demi-heure.

Il est encore un autre procédé qui permet de recueillir le suc pancréatique du cheval, sans léser la glande ni lier son canal excréteur : je l'ai employé plusieurs fois, et il m'a toujours réussi. Il consiste à lier le canal cholédoque et le pylore d'un cheval en pleine digestion, puis à chasser progressivement, à partir de la ligature et à l'aide de la pression des doigts, les matières que contient le duodénum qu'on lie ensuite à son extrémité postérieure. De cette manière, on vide sans l'ouvrir la première partie de l'intestin et l'on prépare un réservoir au suc pancréatique. Au bout d'une heure, on tue l'animal, et l'on trouve dans l'anse duodénale 600, 800 et quelquefois 1000 grammes d'un suc parfaitement limpide et semblable à la salive maxillaire la plus pure ; c'est du suc pancréatique rendu très visqueux par le produit des glandes de Brunner dont nous parlerons plus tard.

Il est à noter que dans cette circonstance, si l'anse duodénale est remplie et distendue, le suc qui continue à se sécréter s'accumule dans les canaux et y acquiert une extrême viscosité. Au moment où l'on détache le pancréas du duodénum, on constate même que le liquide accumulé dans le duodénum reflue par le canal en assez grande quantité. Le résultat de cette variante montre bien que la moyenne de l'expérience précédente est loin d'être exagérée.

La sécrétion pancréatique du porc a des caractères que l'expérimentation ne peut aussi aisément reconnaître que chez les animaux ruminants. La fistule pancréatique s'établit sans difficulté chez le pachyderme. Il suffit pour cela de faire au-dessous de l'hypochondre droit une incision longue d'un décimètre et demi, par laquelle on attire l'anse duodénale qui porte l'insertion du canal excréteur. Bien que cette partie de l'intestin ait un mésentère trop court pour qu'on puisse l'amener au dehors de l'ouverture, on aperçoit aisément le canal sur les sujets très maigres et l'on y fixe rapidement un tube d'argent muni d'une petite ampoule, puis on referme la plaie des parois abdominales. Si l'on veut comparer la sécrétion biliaire avec celle du pancréas, on adapte en même temps un appareil au canal cholédoque. A peine les tubes sont-ils fixés que l'un donne de la bile en grande quantité, et l'autre du suc pancréatique en plus faible proportion. Voici d'abord les quantités du suc pancréatique obtenu sur deux porcs adultes et de taille ordinaire.

PREMIER PORC.			DEUXIÈME PORC.		
HEURES de l'expérience.	TEMPS.	QUANTITÉS en grammes.	HEURES de l'expérience.	TEMPS.	QUANTITÉS en grammes.
1	39 min.	5	1	1 heur.	7
2	1 heur.	9	2	1	4 1/2.
3	1	8	3	1	4
4	1	7	4	1	7
5	1	7	5	1	6 1/2
6	1	6			
7	1	2			
8	1	12			
9	1	2			

Ces produits sont fort minimes relativement à la taille du porc et au poids de son pancréas. Ceux de l'expérience suivante dans laquelle on recueille en même temps la bile et le suc pancréatique dans des ampoules séparées sont plus considérables

HEURES de L'EXPÉRIENCE.	TEMPS en MINUTES.	SUC PANCRÉATIQUE. — Quantités en grammes.	BILE. — Quantités en grammes.	OBSERVATIONS.
1re.....	0,23	2	73	
	0,21	3	52	
	0,10	3	24	
2e.....	0,37	7	66	
	0,38	8	78	
3e.....	1,00	6	106	
4e.....	1,00	11	96	
5e et 6e.	1,30	14	111	
	3,00	21	»	La bile n'est plus recueillie.
	2,12	18	»	
		Deuxième jour.		
26e....	0,18	44	»	La bile ne coule plus qu'en très petite quantité.
	1,00	28	»	
	1,10	78	»	
	1,50	33	»	La sécrétion biliaire est tarie.

Cette dernière expérience montre, d'une manière frappante, l'augmentation graduelle de la sécrétion pancréatique coïncidant avec la diminution incessante de la sécrétion biliaire. Elle nous fait voir la première peu active dans les premiers moments et très abondante par la suite, tandis que la seconde, très active au début, se ralentit sur la fin et même se suspend tout à fait. Il y a là un sujet de méditation pour les physiologistes.

La sécrétion pancréatique du chien peut être encore moins bien étudiée que celle du porc, car le canal pancréatique des carnivores étant enveloppé par la glande jusqu'à son insertion, il faut, après avoir attiré le duodénum au dehors de la cavité abdominale, disséquer en quelque sorte l'extrémité du pancréas pour mettre son canal à découvert, l'inciser et y fixer un tube. Du reste la sécrétion est si peu abondante chez cet animal, qu'elle donne tout au plus, quand l'opération est bien faite et dans de bonnes conditions, 2 à 3 grammes de liquide par heure. [L'irritation qui s'empare rapidement de la glande, la péritonite, les vomissements qui suivent l'établissement de la fistule ne permettent point à l'observateur d'étudier la sécrétion avec ses caractères habituels qui se dessinent d'une manière si nette et si remarquable chez les grands ruminants. De plus chez le chien comme chez le porc et chez les autres animaux, dont le pancréas s'irrite trop vivement, la sécrétion ne tarde pas à se suspendre pour se rétablir au bout de vingt-quatre, trente heures ou après une période plus prolongée encore.

Enfin chez le mouton et la chèvre, l'action du pancréas se trouble aussi à un tel degré, qu'il devient à peu près impossible d'en saisir la véritable physionomie. A part cette circonstance commune à beaucoup d'autres animaux, les petits ruminants donnent à l'expérimentateur de nouvelles ressources pour l'étude de la bile et du fluide pancréatique. Chez ces derniers le canal du pancréas se réunissant au canal biliaire, il arrive à l'intestin un mélange des deux liquides en proportions variables, suivant l'activité respective de chacune des glandes. Par suite de cette disposition remarquable, on peut recueillir isolément la bile et le suc pancréatique ou les deux mêlés ensemble. En effet, si l'on fixe le tube au-dessus du confluent des deux canaux, on obtient de la bile pure ; si on le fixe au-dessous, on obtient les deux fluides mélangés ; enfin si, laissant le tube à ce dernier point, on applique une ligature sur le canal biliaire au-dessus du confluent, c'est du suc pancréatique qui coule par la fistule. Tiedemann et Gmelin se servirent de la troisième de ces combinaisons pour obtenir le suc pancréatique de la brebis, mais ils n'eurent point l'idée d'employer les deux autres.

La sécrétion pancréatique ne peut être étudiée longtemps sur le bélier, car l'irritation du pancréas fait bientôt cesser l'écoulement du liquide. J'ai obtenu, sur un animal de cette espèce, jusqu'à 7 grammes de suc en une heure. Les premières portions étaient un peu verdies à leur passage dans l'extrémité inférieure du canal commun, mais les autres étaient limpides et d'une transparence parfaite. Sur deux moutons, la fistule disposée de manière à verser dans l'appareil le mélange de bile et de suc pancréatique a donné les quantités suivantes :

PREMIER BÉLIER.			DEUXIÈME BÉLIER.		
HEURES de l'expérience	TEMPS en heures et min.	QUANTITÉS de liquide en gram	HEURES de l'expérience	TEMPS.	QUANTITÉS de liquide en gr.
1re	20 m.	4	1re	1	19
2	1 h. 2 m.	16	2	1	12
3	1 h. 8 m.	39	3	1	3
4	1	20	4	1	4
5	1	20	5	1	8
6	1	21	6-8	2 h. 30 m.	37
7	1	19	9	2	23
8	1	20	10	1	23
	Deuxième jour.				
28	1	12			
29	1	13			
30	1	14			
31	1	15			

On voit par ce court aperçu que l'écoulement du mélange des deux fluides éprouve des oscillations assez étendues qui peuvent dépendre de plusieurs raisons, mais principalement de ce que, dans certains moments, la vésicule reçoit plus ou moins de bile ou en expulse une quantité variable, ensuite des périodes d'activité ou de ralentissement dans la sécrétion pancréatique. Il est aisé, par les propriétés du fluide obtenu, de voir s'il contient beaucoup ou peu de suc pancréatique et s'il n'en renferme pas du tout. Dans le premier cas, il émulsionne une forte proportion de matières grasses ; dans le second, très peu ; dans le troisième, il est dépourvu de propriétés émulsives.

Si, maintenant, nous jetons un coup d'œil sur l'ensemble des résultats que donne l'expérimentation, en ce qui concerne nos espèces domestiques, nous serons frappés de trouver si peu de rapport entre la taille des animaux et l'abondance de la sécrétion pancréatique, ou entre le poids de la glande et la quantité de fluide qu'elle produit : cependant, ce rapport est quelquefois exact.

Ainsi, le pancréas du cheval pèse en moyenne 300 grammes ; celui du bœuf et de la vache, à peu près autant. Chez ces deux herbivores, dont la taille est, en général, à peu près la même, la sécrétion pancréatique atteint sensiblement le même chiffre. Mais à part ces animaux entre lesquels il y a une proportionnalité remarquable, on ne trouve plus pour les autres une relation analogue, soit qu'on les compare entre eux, soit qu'on les mette en parallèle avec les premiers.

Le pancréas du mouton pèse 50 à 60 grammes, c'est-à-dire le cinquième du pancréas des grands ruminants et des solipèdes. Il devrait, par conséquent, dans l'hypothèse d'une proportionnalité constante, sécréter 50 grammes de liquide dans les périodes de surexcitation. Pourtant alors, il n'en donne que de 7 à 8, c'est-à-dire le sixième de ce qu'il semblerait devoir sécréter.

Celui du porc pèse de 140 à 180 grammes. Il devrait conséquemment fournir la moitié de ce que produit le pancréas du cheval et du bœuf, mais c'est à peine s'il donne 10 à 15 grammes dans chacune des premières heures, ou à peu près le dixième de son produit fictif.

En présence de ces différences considérables, on se demande naturellement si elles existent bien en réalité ou si elles résultent des perturbations provoquées par l'incision des parois abdominales, la lésion du canal excréteur, et quelquefois même, par la lésion du tissu de la glande. La question est fort difficile à résoudre. Sans doute, les manipulations que nécessite la formation d'une fistule doivent être considérées comme l'une des causes principales des différences dont nous parlons, d'autant plus que leurs effets varient suivant qu'elles ont été plus ou moins longues, douloureuses, et suivant le degré d'irritabilité des espèces. Ensuite, l'état de la sécrétion au début de l'expérience doit influer sensiblement sur son produit, qui pourrait bien ne pas être également abondant chez tous les animaux dont le pancréas a le même poids.

S'il n'existe pas une proportion exacte entre le poids du pancréas et la quantité du liquide sécrété par cette glande, il n'y en a pas davantage entre cet organe et les autres du même genre, le foie et les glandes salivaires, par exemple. Ainsi, le foie qui, dans le cheval, pèse dix-huit à vingt fois autant que le pancréas du même animal, ne sécrète pas plus que ce dernier. La parotide, qui ne représente que le vingt-sixième du foie, sécrète cependant quatre à cinq fois autant que cette glande monstrueuse, et elle donne six fois autant que le pancréas dont elle n'atteint pas le volume. Mais nous reviendrons plus tard sur les rapports d'activité qui existent entre les diverses parties du système glanduleux.

Les faits qui précèdent nous permettent de saisir la physionomie distinctive de la sécrétion pancréatique surtout chez les grands ruminants; ils nous donnent les éléments nécessaires pour distinguer la sécrétion régulière de la sécrétion pervertie; enfin, ils nous font voir tout ce qu'a de bizarre l'action d'un organe qui semble se soustraire aux investigations du physiologiste. Recherchons, à présent, les caractères, la composition et le rôle du fluide pancréatique.

Le suc pancréatique pris dans les canaux excréteurs immédiatement après la mort, ou obtenu sur l'animal vivant par la ligature de ces derniers, est épais, visqueux, filant comme la salive maxillaire; mais alors il est mêlé à une forte proportion de mucus qui lui donne un aspect différent de celui qu'il a dans les circonstances ordinaires. Recueilli dans les premiers moments de l'expérience, il a une viscosité légère chez le bœuf et le mouton, très faible chez le cheval et le porc. Obtenu au bout de quelques heures, il est, chez le chien, d'après les observations de M. Bernard, et chez les divers animaux domestiques, d'après les miennes, dépourvu de viscosité.

Sa réaction a paru acide à Tiedemann et Gmelin dans les premiers moments, et alcaline sur la fin ; elle a été trouvée acide par Schulze chez le chien, le chat et le cheval, mais elle est toujours alcaline. MM. Leuret, Lassaigne, Magendie et Bernard ont fait cette observation sur divers animaux. Je me suis assuré aussi que ce fluide est constamment alcalin sur le bœuf, le cheval, l'âne, le bélier, le porc et le chien ; il conserve cette réaction à toutes les périodes de l'expérimentation, et ne la

perd pas même après avoir éprouvé un commencement de décomposition. Sa saveur est très légèrement salée. Il n'a pas d'odeur caractéristique.

Ce liquide possède des propriétés et des caractères extrêmement variables. Pris dans le canal immédiatement après la mort, il n'a pas l'aspect de celui qu'on recueille par une fistule : il est concentré à un haut degré et mêlé à une forte proportion de mucus. Obtenu immédiatement après qu'un appareil est fixé au canal excréteur, il est chez le chien, d'après M. Bernard, tellement épais et albumineux, qu'il se coagule entièrement par la chaleur. Je l'ai vu très coagulable, mais cependant un peu moins que dans le chien, chez le bœuf et le mouton. MM. Leuret et Lassaigne n'ont pas trouvé celui du cheval coagulable, et leur observation est très juste : elle s'applique également au suc pancréatique du porc. Peut-être ce liquide n'a-t-il pas exactement les mêmes caractères dans tous les animaux et possède-t-il, suivant le degré d'activité de la sécrétion, une consistance et une coagulabilité variables.

Sa composition n'a été déterminée jusqu'ici que pour le cheval, le chien et la brebis.

MM. Leuret et Lassaigne qui ont analysé celui qu'ils ont obtenu sur le cheval dans la première demi-heure de l'expérience, y ont trouvé 99,1 d'eau, 00,9 de matière animale soluble dans l'alcool, de matière soluble dans l'eau, d'albumine, de mucus, de soude libre, de chlorure de sodium, de potassium et de phosphate de chaux.

Tiedemann et Gmelin ont trouvé dans celui de la brebis 96,35 d'eau, de l'osmazôme, une matière caséeuse, beaucoup d'albumine, un peu d'acide libre, des carbonate, chlorure, phosphate, sulfure alcalins, du carbonate et du phosphate calcaires, 3,65. Celui du chien était épais, filant comme du blanc d'œuf étendu d'eau, il contenait une forte proportion d'albumine, 91, 28 d'eau, et 8,72 de parties solides.

Ces analyses contrastent singulièrement. M. Lassaigne trouve 99 parties d'eau et à peine 1 partie de résidu sec dans le suc pancréatique du cheval, et seulement des traces d'albumine. M. Gmelin trouve 91 parties d'eau, beaucoup d'albumine, et plus de 8 parties de résidu sec dans le suc du chien. De telles différences tiennent sans doute à ce que le fluide pancréatique du cheval n'a pas la même composition que celui du chien ; elles dérivent aussi du procédé employé pour recueillir le liquide. MM. Leuret et Lassaigne adaptent au canal une sonde, et à l'extrémité de la sonde une ampoule de caoutchouc affaissée, ils analysent le produit de la première demi-heure. C'est, à mon avis, une méthode excellente, et je ne vois pas sur quoi M. Bérard (1) se fonde pour reprocher à ces expérimentateurs d'avoir donné une analyse qui ne s'applique pas à du suc pancréatique *normal*. MM. Tiedémann et Gmelin, au contraire, laissent l'extrémité inférieure du pancréas hors de l'abdomen pendant quatre heures entières ; ils analysent le liquide sécrété pendant cette longue période, liquide dont la première goutte tombe seulement vingt-six minutes après que le tube est fixé au canal pancréatique ; de plus, ils le recueillent dans un vase où il s'évapore à mesure qu'il y est versé. N'est-ce pas là un procédé des plus défectueux qui se puissent imaginer ? Et pourtant leur analyse passe pour s'appliquer à du suc normal, et cela surtout, parce qu'elle indique l'existence d'une grande

(1) *Ouv. cité*, t. II, p. 400.

quantité d'albumine. Le suc pancréatique de la brebis ne fut pas obtenu dans de meilleures conditions. La première goutte sortit au bout de trois heures et demie, et ce fut le produit qui s'écoula pendant les huit premières heures, et même celui que la fistule donna jusqu'à la mort de l'animal, que l'on soumit à l'analyse. Ce liquide qui suintait goutte à goutte dans un vase, se concentrait évidemment par le fait de la volatilisation de sa partie aqueuse ; il filait comme du blanc d'œuf et contenait aussi beaucoup d'albumine. Les portions recueillies, en dernier lieu, jusqu'à la mort du ruminant, étaient même plus riches que les premières en principes fixes. Mais, grâce à la forte proportion d'albumine que ce suc a présentée, il reçoit aujourd'hui le titre de suc *normal*. On réserve à celui qui est peu albumineux et qui ne se coagule pas comme du blanc d'œuf, l'épithète d'*anormal !*

Ces distinctions ne me séduisent guère. L'aptitude du fluide pancréatique à se prendre en masse par l'action de la chaleur, n'est pas un caractère constant. Je ne l'ai constatée, ni dans le suc pancréatique du cheval, ni dans celui du porc obtenus pendant la première heure qui suivait l'application du tube; je ne l'ai même pas vue dans le produit de la première demi-heure. Viendra-t-on dire que ce suc obtenu si vite n'était point un produit normal? D'un autre côté, le fluide pancréatique du bœuf et celui de la brebis recueillis dans les premiers moments de l'expérience, se coagulaient en grande partie et presque autant que celui du chien. Chez la brebis, il conserve même cette coagulabilité dans la deuxième et la troisième heure qui suivent l'établissement de la fistule.

Le degré de coagulabilité du fluide pancréatique, ou plutôt la proportion d'albumine que ce produit renferme, me paraît tenir à plusieurs circonstances. Les premières quantités recueillies se prennent souvent en masse, mais alors l'écoulement est peu abondant, les quantités qui suivent ne possèdent pas ce privilége pour peu que la sécrétion soit active, de telle sorte qu'une demi-heure après le commencement de l'expérience, on n'obtient plus qu'un liquide peu albumineux. Lorsque l'écoulemeut s'établit seulement un quart d'heure, une demi-heure, une heure même après que la fistule a été faite, les premières quantités sont très albumineuses, et elles conservent ce caractère tant que la sécrétion est languissante. Or, je le demande, est-il logique de considérer comme anormal le suc obtenu une demi-heure après la fistule qui a donné dès le début, et de regarder, au contraire, comme un produit normal celui qu'on recueille au bout d'une heure sur l'animal dont la sécrétion pancréatique s'est établie longtemps après le début de l'expérience?

La quantité plus ou moins grande d'albumine que contient le suc pancréatique, me paraît variable, suivant les animaux, et surtout suivant le degré d'activité de la sécrétion. Elle est très considérable tant que celle-ci est peu abondante ; elle devient très faible, au contraire, quand la glande donne beaucoup de liquide. On voit, de même, dans les expériences, la bile sortir très fluide quand la sécrétion est active, et d'autant plus épaisse, que cette sécrétion se ralentit davantage. Il ne serait pas étonnant que, dans un temps donné, il se formât toujours dans le pancréas une certaine quantité d'albumine qui serait mêlée, tantôt à une faible proportion d'eau, tantôt à une quantité moins considérable de ce fluide.

Ce qui me porte à croire qu'il peut en être ainsi, ce sont les résultats de plus de vingt-cinq expériences suivies dans toutes leurs phases chez le taureau, la vache,

le bélier, le cheval, l'âne, le porc et le chien. Chez les grands ruminants, par exemple, la sécrétion persiste quelquefois pendant une semaine entière avec des caractères réguliers; les animaux mangent, ruminent, et plus tard guérissent à merveille, après la chute du petit appareil adapté à la fistule. Or, à part les petites quantités de suc recueillies pendant les premières minutes de l'expérience, tout le reste ne se prend point en masse sous l'influence de la chaleur : il donne seulement des flocons albumineux, et de plus, il émulsionne et acidifie les matières grasses à tous les moments de cette longue période.

Je ne veux pas dire pour cela qu'on n'obtient jamais dans les expériences un produit plus ou moins modifié et altéré. Sans doute, lorsque la sécrétion devient, sur le chien, excessivement abondante le second jour après l'opération, par excès du développement de la péritonite et de l'inflammation du pancréas, le produit de la glande n'est plus, à beaucoup près, semblable à celui de l'état normal. De même, lorsque après une suspension de trois, quatre, cinq jours, la sécrétion se rétablit brusquement, elle ne fournit pas tout d'abord un liquide identique avec celui qu'elle donne, une fois que l'irritation du tissu glandulaire s'est entièrement dissipée. L'aspect trouble du suc et la présence des débris d'épithélium indiquent assez qu'il n'a point encore recouvré ses caractères habituels.

Ces réflexions sur la variabilité des caractères que présente le produit de la glande la plus sensible peut-être de toutes les glandes de l'économie, méritent d'être pesées. Elles ne pouvaient se présenter à l'esprit de physiologistes qui se sont contentés, pour apprécier les caractères et les propriétés du suc pancréatique, de le recueillir par des procédés qui donnent des résultats trompeurs. Ainsi Mayer recueillit, dit-on, ce fluide sur le cadavre d'un chat, dans une ampoule du canal, grosse à peine comme un grain de chènevis. Tiedemann et Gmelin prirent dans le canal d'un cheval qu'on venait de tuer, 1 gramme de suc qu'ils trouvèrent très albumineux. D'autres, en se servant du dos d'un scalpel, purent ramasser quelques gouttes de ce suc sur une série interminable d'animaux morts. Mais, dans toutes ces dernières circonstances, a-t-on recueilli autre chose qu'un peu de liquide mêlé au mucus des canaux et privé par la résorption d'une grande partie de ses principes aqueux?

Arrivons aux usages du suc pancréatique.

Haller dit que ce fluide sert à modérer l'âcreté de la bile; d'autres prétendent qu'il a pour office de délayer le chyme, de dissoudre certains de ses principes, de neutraliser son acidité, de favoriser l'assimilation des matières alimentaires; mais tout cela est bien vague. Jusqu'ici on a reconnu deux propriétés remarquables au suc pancréatique ; la première est qu'il transforme les aliments amylacés en dextrine et en sucre; la seconde qu'il émulsionne les matières grasses.

C'est à MM. Bouchardat et Sandras qu'on doit la découverte de l'action du suc pancréatique sur la fécule. Ces observateurs ont constaté que ce fluide, recueilli sur la poule et sur l'oie, liquéfie les grains de fécule et les transforme en dextrine et en glucose. Ils ont vu que le tissu du pancréas, dont les granulations renferment toujours une certaine quantité de ce fluide, jouit de la même faculté. Celle-ci tient, d'après leurs recherches, à une variété de diastase, susceptible d'être isolée

par l'alcool, puis redissoute dans l'eau, sans perdre son pouvoir caractéristique. Nous savons déjà que la salive exerce une action semblable, et nous verrons bientôt qu'elle appartient à d'autres liquides.

J'ai eu l'occasion, pendant le cours de mes expériences, de constater que le suc pancréatique de nos diverses espèces domestiques jouit de cette faculté de transformer la fécule en glucose.

Eberle (1) a attribué au fluide du pancréas la propriété d'émulsionner les matières grasses, et depuis quelques années M. Cl. Bernard (2) l'a démontrée par un grand nombre d'expériences. M. Bernard a fait voir qu'en agitant dans un tube deux parties de suc pancréatique avec une partie d'huile d'olives, on obtient un mélange homogène, laiteux, c'est-à-dire une véritable émulsion qui se maintient à une température égale à celle du corps. Le même effet se produit lorsqu'on soumet à une douce chaleur de la graisse baignée dans le suc pancréatique. M. Bernard pense que la graisse est dédoublée alors en acides gras et en glycérine, car l'émulsion devient très promptement acide. L'albumine du liquide serait l'agent de cette transformation, qui est d'autant plus complète, que ce principe est en plus grande quantité. Enfin, cet habile expérimentateur a constaté que, chez le lapin nourri avec des aliments mêlés à de la graisse, les vaisseaux chylifères ne contiennent un fluide blanc qu'à partir de l'insertion du conduit pancréatique, situé à 50 centimètres du pylore, tandis qu'ils renferment un chyle non lactescent en avant de cette insertion, c'est-à-dire dans les points où le suc pancréatique n'a pu émulsionner les matières grasses.

J'ai constaté plusieurs fois que le suc pancréatique du cheval, de l'âne, du taureau, du porc, du bélier possède les propriétés acidifiantes, reconnues par M. Bernard à celui du chien. Il les conserve à toutes les périodes de l'expérimentation et à la température ordinaire, comme à celle du corps, mais à un degré plus prononcé dans le premier cas que dans le second. Il suffit pour produire l'émulsion de deux à trois parties de suc pour une partie d'huile quand il est très albumineux ; il en faut quatre, cinq, six et plus dès que la proportion de son principe actif diminue. L'émulsion ne demeure homogène qu'avec le fluide pancréatique du bélier et du bœuf, obtenu dans les premiers moments de l'expérience, elle se sépare du reste du liquide qui a été recueilli sur le cheval, le porc et l'âne, où il semble bien moins albumineux, même au début de l'expérience, que chez les autres espèces.

Le mélange de bile et de suc pancréatique, obtenu sur le mouton par le canal commun qui résulte de la jonction des canaux biliaire et pancréatique, jouit, comme le suc du pancréas, de la propriété d'émulsionner et d'acidifier les graisses, et il la possède à un degré proportionné à la quantité de suc pancréatique qu'il renferme. Enfin, le mélange de ce dernier avec le suc des glandes de Brunner n'émulsionne pas mieux que le suc pancréatique pur.

Il reste à savoir si les graisses émulsionnées dans l'intestin sont réellement dédoublées en acides gras et en glycérine, et si ce dédoublement existe encore dans le chyle. L'affirmative est douteuse, car le microscope fait découvrir dans le chyle les globules de graisse ; mais enfin l'analyse chimique peut seule prononcer à cet

(1) *Physiologie der Verdauung*, p. 327, cité par Burdach, *Traité de physiologie*, t. IX, p. 380.
(2) *Archives générales de médecine*.

égard. Il reste aussi à rechercher si le suc pancréatique est indispensable à l'absorption des matières grasses. Cette question pourra se résoudre par l'examen du chyle et des matières excrémentitielles des animaux chez lesquels on aura fait couler pendant un certain temps ce liquide émulsif à l'extérieur. Alors si l'on trouve encore dans le chyle des matières grasses, et s'il s'en trouve en proportion sensiblement égale à celle de l'état normal, il sera démontré que le suc dont nous parlons n'est pas indispensable à l'absorption de ces matières. J'aurais donné sur ce point des indications précises, si l'élément analytique ne m'eût pas fait défaut.

Enfin il est encore quelques expériences à tenter pour découvrir les autres usages du suc pancréatique et voir si son rôle est indispensable à la digestion.

Les anciens avaient songé à cette dernière question. Brunner avait lié le canal pancréatique sur des chiens et extirpé le pancréas sur d'autres. Chez les premiers, le canal se rétablit ; chez les seconds, la soif vive, les déjections sèches, le marasme, la mort, furent les conséquences de l'opération.

Il ne faut rien attendre de la ligature du canal. J'ai vu sur un taureau et un jeune veau, comme Brunner l'avait observé sur le chien, qu'après cette opération il se coupe en travers et qu'il se rétablit ensuite parfaitement. Il ne faut pas compter beaucoup sur l'extirpation de la glande, car les suites inévitables d'une opération aussi douloureuse contribuent plus au marasme, au développement d'une soif inextinguible que le manque de suc pancréatique dans l'intestin. La meilleure méthode d'arriver à un résultat concluant, serait d'établir une fistule permanente sur un grand ruminant et de bien étudier ensuite les phénomènes de la digestion et de la nutrition.

Je n'ai pu, jusqu'ici, entretenir les fistules pancréatiques au delà d'une huitaine de jours. Après cette époque, le tube fixé au canal tombe ; celui-ci se coupe ; les deux extrémités se cicatrisent et la plaie abdominale se ferme. Mais pendant tout le temps que le fluide pancréatique cesse de couler dans l'intestin, l'animal continue à manger, à ruminer ; sa soif ne paraît pas plus vive, ses déjections ne sont pas plus sèches que d'habitude ; en un mot, il semble digérer comme avant l'expérience. Un tel résultat s'obtient chez les grands ruminants, par suite d'un privilége dont j'ai déjà parlé. Il ne faut point le chercher chez les autres espèces domestiques ou sur les victimes ordinaires des expérimentateurs.

III. DES SÉCRÉTIONS INTESTINALES.

Haller, Bichat ont admis, et tous les physiologistes de nos jours admettent qu'un suc particulier est sécrété par la membrane interne des intestins. L'existence de ce liquide n'a été mise en doute par personne ; mais elle n'a pas encore été démontrée. Il y a plus ; chacun convient qu'il est impossible d'obtenir pur le suc intestinal, c'est-à-dire isolé des autres fluides avec lesquels il est habituellement mêlé. Cependant il ne doit pas rester indéfiniment un mythe pour les expérimentateurs. On peut, sans grandes difficultés, le recueillir et en déterminer les propriétés.

Le suc intestinal est nécessairement un produit complexe, car il y a dans l'intestin les glandes de Brunner sous-jacentes à la muqueuse duodénale, les glandes de Peyer, les glandes tubuliformes de Galeati, et enfin les follicules solitaires du

cæcum et du côlon. Très probablement ces divers organes ne sécrètent point un fluide identique.

La muqueuse intestinale semble n'être elle-même qu'une vaste glande, un immense tapis glanduleux dont la sécrétion peut être plus ou moins abondante suivant le régime des animaux, la nature et la quantité des matières alimentaires qui se trouvent en contact avec sa surface externe.

Les plus petits de ces organes sécréteurs sont les glandes tubuliformes décrites par Galeati et Lieberkunh. Elles existent dans l'intestin grêle et dans le gros intestin, où elles se présentent sous l'aspect de petits cylindres creux pressés les uns contre les autres. Chacune d'elles est terminée en cul-de-sac dans l'épaisseur de la muqueuse et s'ouvre par un petit orifice à la surface libre de la membrane qui, vue au microscope, est criblée de ces ouvertures, tant ces glandes sont nombreuses et rapprochées. L'imagination s'effraie du nombre infini de ces petits tubes sur une surface aussi vaste que celle de la muqueuse intestinale qui mesure, comme nous l'avons vu précédemment, une étendue de plus de 8 mètres carrés pour le bœuf et de près de 12 mètres pour le cheval. L'existence de ces milliers de glandes tubuliformes suffit pour faire soupçonner une abondante sécrétion. Nous verrons bientôt que celle-ci est considérable et qu'elle est la principale source du suc intestinal.

Outre ces glandes microscopiques, qui se trouvent dans toutes les parties du tube intestinal, il y a des glandes spéciales dans le duodénum, d'autres dans le reste de l'intestin grêle, d'autres encore dans le gros intestin.

Les glandes de Brunner, qui forment, sous la muqueuse du duodénum, une belle couche jaunâtre, continue avec elle-même, résultent de l'agglomération de petits grains qui se réunissent, en nombre assez considérable, pour former de petites grappes, dont chacune porte un canal excréteur commun ouvert à la surface libre de la membrane. Elles sont énormément développées chez les solipèdes ; mais elles le sont beaucoup moins chez les ruminants et les animaux carnassiers.

Les glandes de Peyer appartiennent à l'intestin grêle de tous les mammifères. On n'en trouve dans le gros intestin qu'un très petit nombre et chez quelques espèces seulement. C'est à partir de 1 à 2 mètres du pylore qu'elles apparaissent chez les solipèdes et les ruminants sous la forme de plaques plus ou moins grandes, inégalement disséminées, au bord convexe du cylindre intestinal.

Elles s'offrent sous l'aspect de gaufres irrégulières, déchirées dans les solipèdes (fig. 51), arrondies, discoïdes chez le chien, le chat, le renard, le lièvre ; rubanées chez le bœuf et le porc; ovalaires dans le dromadaire et le chameau. Elles sont fort petites chez le dromadaire, plus grandes chez les solipèdes, plus encore chez le porc ; enfin , elles s'offrent avec des dimensions énormes chez le bœuf, où elles ont 10, 15, 25, et jusqu'à 30 centimètres de longueur sur une largeur de 1 à 2 centimètres. On en compte un nombre très variable, suivant les animaux. Le chat en a 5 ou 6 ; le lapin de 6 à 8 ; le chien de 16 à 24 ; le porc de 24 à 33 ; le bouc et le bélier de 28 à 35 ; le bœuf de 40 à 50 ; le cheval de 100 à 150, et le dromadaire plus de 700.

Ces glandes paraissent constituées par un certain nombre de capsules larges et à grande ouverture au centre desquelles existent des grains fort petits chez le lièvre, le lapin et surtout chez le bœuf, et par des capsules miliaires, arrondies,

sans ouvertures visibles, chez les animaux carnassiers, dont les plaques agminées ne font point relief à la surface de la muqueuse.



Fig. 51. — *Glandes de Peyer du cheval de grandeur naturelle,*



Fig. 52. — *Glandes de Peyer du dromadaire.*

La dissémination de ces organes n'a rien de fixe, d'une manière générale. Les plus petites se trouvent dans la première moitié de l'intestin grêle chez les solipèdes et les ruminants domestiques; les plus grandes se voient à la dernière portion. La plus considérable de toutes occupe l'iléon et se continue habituellement sur la saillie de l'intestin grêle dans le cœcum; elle a 15 à 20 centimètres chez le mouton et la chèvre, 20 à 25 chez le chien, 40 à 50 chez le bœuf; enfin, elle n'a pas moins de 1 mètre 1/2 à 2 mètres, et quelquefois plus, dans l'espèce du porc. L'espace le plus considérable qui existe entre les glandes de Peyer est celui qui se trouve entre les deux dernières; il est généralement de 2 mètres pour le bélier et de 4 à 5 pour les grands ruminants.

Ces glandes se trouvent en petit nombre dans le cœcum et l'orifice du côlon de quelques animaux; les ruminants, le lapin, le lièvre et le porc, par exemple.

Enfin, la muqueuse du gros intestin porte un autre ordre d'organes sécréteurs appelés les follicules solitaires. Ceux-ci, à peine visibles à l'œil nu chez le cheval, sont très gros chez le bœuf, le porc et les animaux carnassiers. Ils ne deviennent bien apparents chez les solipèdes que dans certaines circonstances, comme sur les sujets qui meurent de faim. Parfois ils s'hypertrophient au point de devenir comme

de petites lentilles rosées, dont le centre est percé d'une large ouverture pleine de mucus.

Le rôle de ces organes sécréteurs, dont le développement et la disposition offrent tant de variétés, suivant les animaux, peut-il être déterminé ? Leur produit a-t-il des caractères uniformes et une composition identique? Les physiologistes s'épuisent en conjectures à cet égard ; mais leurs dissertations ne peuvent rien nous apprendre de positif. Il faut demander aux expériences ce qui, sans elles, demeurerait toujours un impénétrable mystère.

Il semble, tout d'abord, qu'il soit impossible de recueillir le produit des sécrétions intestinales sans avoir préalablement ouvert l'intestin pour le débarrasser de son contenu : il est facile pourtant d'arriver à ce résultat par un procédé extrêmement simple. Le voici tel que je l'ai employé :

Sur un cheval en pleine digestion et debout, je fais au flanc gauche une incision de 8 à 10 centimètres ; incision par laquelle je puis faire sortir une anse d'intestin grêle. Dès que j'ai saisi celle-ci, j'applique sur elle un petit appareil composé de deux petites plaques enveloppées chacune d'un ruban de velours et se rapprochant l'une de l'autre par deux vis de pression que l'on fait mouvoir tant que les parois de l'intestin ne sont point parfaitement en contact. Une fois que le compresseur est fixé, je soulève l'anse de manière à faire descendre progressivement les matières alimentaires toujours très délayées, et je la presse doucement entre les doigts à partir du point intercepté jusqu'à ce qu'elle soit débarrassée de son contenu sur une longueur de 1 mètre 1/2 à 2 mètres, puis, sans déplacer les doigts, on applique là un second compresseur semblable au premier. Enfin, j'achève de faire rentrer dans la cavité l'anse qu'un aide y réintroduisait, à mesure qu'elle devenait libre, afin qu'elle ne fût pas exposée au contact de l'air, et aussitôt je ferme la plaie du flanc.

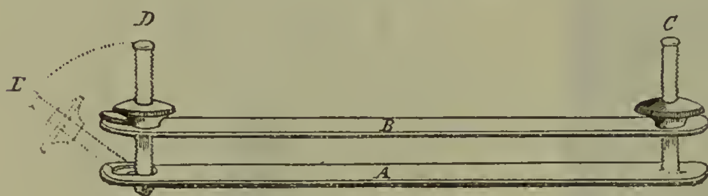


Fig. 53

A. Plaque inférieure. — *B*. Plaque supérieure. — *C*. La vis fixe. — *E*. La vis renversée au moment de faire passer le petit appareil sur l'anse intestinale. — *D*. La même redressée pour serrer.

Par cette opération simple, qui s'exécute en quelques minutes et sans aucune difficulté, on a complétement privé de son contenu une anse intestinale qui n'a plus aucune communication avec le reste de l'intestin (fig. 54). C'est dans son intérieur que s'accumule le suc intestinal. Les parois de l'organe n'ont été nullement lésées. Les deux compresseurs, serrés modérément, ne blessent point les membranes sur lesquelles ils portent par l'intermédiaire d'une garniture de velours. La circulation n'est en aucune façon troublée puisque les petites anastomoses de l'anse intestinale sont en dehors des points interceptés. Au bout d'une demi-heure on tue l'animal par effusion de sang, on laisse descendre par son propre poids à une extrémité de l'anse le liquide sécrété dans son intérieur, et on le retire à l'aide d'une petite ponction.

La quantité de suc intestinal qu'on obtient ainsi est assez considérable. Elle m'a paru, d'après la moyenne d'un grand nombre d'expériences, de 80 à 120 grammes

en une demi-heure, pour une longueur de 2 mètres d'intestin grêle. Elle est beaucoup moindre chez les sujets dont la digestion intestinale est suspendue, mais elle est plus considérable si l'on a injecté dans l'anse préalablement vidée une quantité connue d'une solution de manne, de sulfate de soude ou d'aloès.

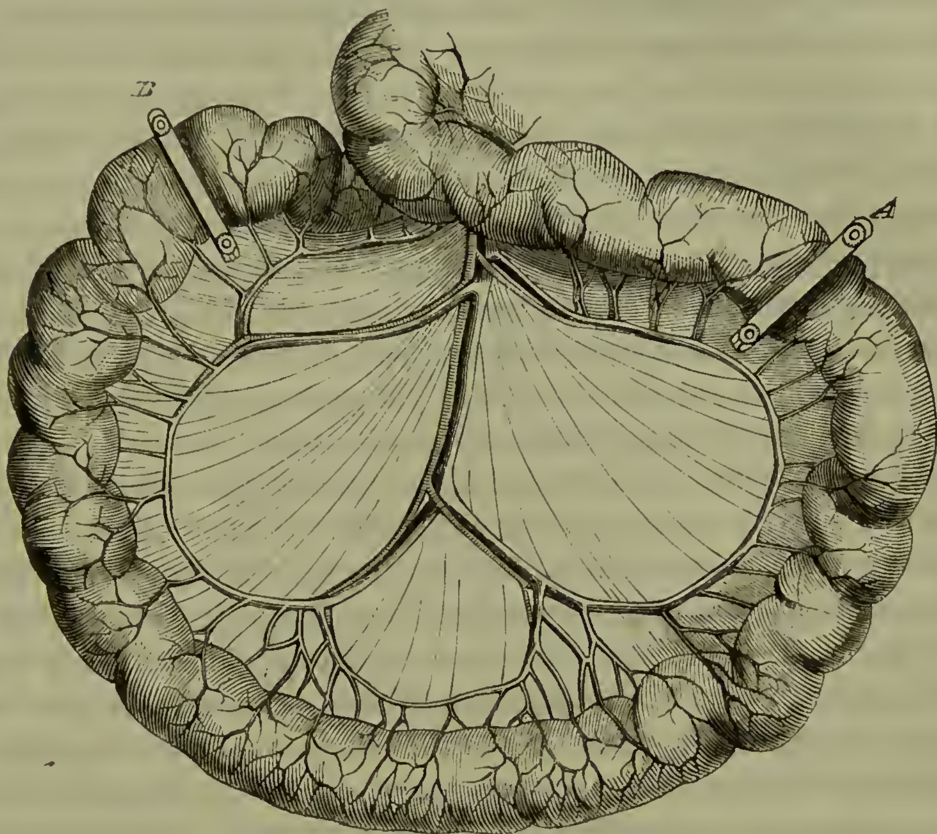


Fig. 54.

Le suc ainsi obtenu est mêlé à un peu de mucus qui s'en sépare par le repos ou la filtration. Il est presque clair, d'une teinte un peu jaunâtre. Sa saveur est légèrement salée, et sa réaction alcaline. M. Lassaigne, qui a bien voulu, à ma prière, en faire l'analyse, l'a trouvé composé de : eau 98, 1 ; albumine 0,45 ; chlorure sodique, chlorure potassique, phosphate et carbonate sodiques, 1,45. Sa densité est de 1,010 à la température de 15 degrés centigrades.

Le liquide pris dans l'intestin des chevaux à jeun, analysé par Tiedemann et Gmelin (1), et considéré comme du suc intestinal, était évidemment un mélange de la salive et des fluides gastriques parvenus à l'intestin, avec la bile, le suc pancréatique et le suc intestinal associés aux sels et aux principes solubles des aliments qui demeurent si longtemps dans l'intestin des herbivores. Aussi les expérimentateurs allemands ont-ils trouvé à ce produit une composition très variée. Ils y ont vu un peu d'acide libre dans la première moitié de l'intestin grêle, du mucus, de l'albumine, une matière caséeuse, de la matière salivaire et de l'osmazôme, une autre matière qui rougit par le chlore, de la résine biliaire, un peu de graisse, une substance acide et azotée analogue à l'acide allantoïque, des phosphate, chlorure, sulfate et carbonate alcalins, du phosphate, du carbonate de chaux et de magnésie.

(1) *Recherches sur la digestion*, première partie, 171.

Depuis l'époque à laquelle cette analyse a été donnée, les physiologistes se sont fait des idées très fausses sur le produit des sécrétions intestinales. Quelques uns l'ont supposé analogue au suc gastrique à cause de la ressemblance qui existe entre les glandes tubuleuses de l'estomac et celles de l'intestin. D'autres, M. Blondlot est de ce nombre, l'ont regardé comme un simple mucus à réaction alcaline.

Le suc intestinal dont nous venons de parler, si pur qu'il soit, est encore un liquide complexe, car dans une anse intestinale se trouvent, avec les glandes de Galéati, les glandes agminées ou les plaques de Payer, et, de plus, si l'on se rapproche de l'estomac, du suc des glandes de Brunner. Or, ne pourrait-on pas pousser l'analyse plus loin et parvenir jusqu'à un certain point à démêler ces trois produits, à supposer qu'ils ne soient pas identiques, et à les isoler l'un de l'autre?

Les glandes de Brunner sont énormes chez le cheval. Pour en obtenir le produit, j'ai lié les canaux biliaire et pancréatiques, appliqué une double ligature bien serrée sur le pylore; puis, à partir de ce point, j'ai poussé progressivement par la pression des doigts le contenu du duodénum vers la partie libre de l'intestin grêle, et j'ai appliqué une ligature sur l'anse pylorique au niveau de la grande mésentérique, de manière à laisser le duodénum tout à fait vide, et à empêcher l'arrivée d'aucun fluide étranger dans sa cavité. Mais alors, comme la pression des doigts avait pu ne pas tout entraîner à cause de la disposition irrégulière de la muqueuse, je recommençai à la comprimer du pylore vers la partie libre de l'intestin, et je plaçai une nouvelle ligature en deçà de celle qui avait été mise précédemment près de la mésentérique. Au bout d'une heure, je tuai l'animal qui était en pleine digestion au commencement de l'expérience. Le pylore, les canaux, l'extrémité postérieure du duodénum étaient bien liés, celui-ci contenait 80 grammes d'un beau liquide, visqueux, épais, d'une saveur salée, et légèrement alcalin. Il ne se coagulait point par la chaleur, et n'émulsionnait ni n'acidifiait les matières grasses; seulement, après une agitation prolongée, il en rendait une partie mousseuse, blanchâtre et opaque. M. Lassaigne le trouva ainsi composé : eau, 98,47; mucus, 0,95; chlorure de sodium et carbonate de soude, 0,48; sous-phosphate de chaux, 0,10. Sa densité était de 1,008 à la température de + 15 degrés centigrades.

Le fluide des glandes de Brunner est donc un suc muqueux qui n'a, sous le rapport de la composition et des propriétés, rien de commun avec le suc pancréatique. C'est bien gratuitement, par conséquent, qu'on a donné à l'amas de ces glandes le titre de *second pancréas*, et que tout récemment on a supposé que ce produit devait jouir des mêmes propriétés que le fluide pancréatique.

Dès que j'eus appris que le suc des glandes duodénales était un suc muqueux, je pensai qu'il serait sécrété plus abondamment par suite d'une stimulation quelconque. Pour vérifier mes conjectures, je laissai couler dans le duodénum tantôt la bile, tantôt le suc pancréatique, et cela pour éviter la plaie nécessaire à l'introduction d'un stimulant étranger.

Lorsque le suc pancréatique arrivait seul dans l'anse duodénale, j'obtenais en une heure, sur les sujets en pleine digestion, 500, 800, 1,000 grammes d'un liquide limpide, à reflet très légèrement opalin, visqueux, comme une solution de sucre très concentrée. Ce mélange du suc pancréatique avec le suc de Brunner, sécrété abondamment, était alcalin, non coagulable par la chaleur. M. Lassaigne l'a trouvé

composé de : Eau, 98,34 ; mucus, 0,33 ; chlorure de sodium, 1,20; carbonate de soude et traces de phosphate de soude, 0,03 ; sous-phosphate de chaux, 0,10.

Lorsque, au contraire, la bile coulait seule dans l'anse après la ligature des canaux pancréatiques, le mélange s'offrait sous l'aspect d'un fluide légèrement jaunâtre, épais, filant et presque semblable, quant aux propriétés physiques, à ce beau liquide citrin et visqueux qu'on trouve dans l'intestin grêle des chevaux à jeun depuis quelques jours.

Voilà donc le suc des glandes de Brunner isolé, et le voilà mêlé tantôt avec la bile, tantôt avec le suc pancréatique. Nous sera-t-il possible d'arriver à un résultat analogue en ce qui concerne le produit des glandes de Peyer ?

Les glandes agminées étant petites et ne pouvant être distinguées à l'extérieur de l'intestin, chez la plupart des animaux, il paraît difficile d'appliquer pour elles la méthode ordinaire dont nous venons de parler. Ce n'est donc ni chez le cheval ni chez le mouton, la chèvre, etc., qu'il faudra chercher à isoler le fluide qu'elles sécrètent, mais on pourra, chez le porc, dont la glande de l'iléon s'élève à plus de 2 mètres de longueur, trouver cette autre inconnue dans le problème des sécrétions intestinales. L'expérience est facile : elle consiste à appliquer d'abord le petit compresseur ou une simple ligature près de l'insertion cœcale de l'intestin grêle, puis à pousser par la pression des doigts vers le jéjunum les matières que renferme l'iléon sur lequel on place une autre ligature à un mètre et demi ou deux mètres de la première. De cette manière la dernière partie de l'intestin grêle renfermant la magnifique glande rubanée est complétement vide. Au bout d'une heure on tue l'animal. Cette expérience, que je n'ai pu faire qu'une seule fois, ne m'a pas donné un résultat bien tranché ; j'ai vu seulement à la surface de la glande une couche de mucus plus épaisse et plus consistante que dans les points où la muqueuse n'était pas recouverte par la plaque agminée. Peut-être n'y a-t-il pas, d'après cela, trop de témérité à présumer que les glandes de Peyer sécrètent du mucus.

Le suc intestinal de l'intestin grêle est donc le produit des glandes duodénales, des glandes agminées et des glandes tubuliformes. Les premières donnent évidemment une partie muqueuse qui se mêle intimement avec le reste ; les secondes sécrètent aussi probablement un mucus qui reste à la surface de la membrane interne ; enfin les dernières, qui sont les plus nombreuses, sécrètent la partie fluide la plus abondante et dépourvue de viscosité. Or, comme dans les expériences le duodénum reste étranger à l'anse, dans laquelle on recueille le suc intestinal, le produit des glandes de Brunner n'est point mêlé aux deux autres ; de plus, comme le mucus se sépare de ceux-ci par le repos ou la filtration, le suc intestinal proprement dit, c'est-à-dire le suc des glandes tubuliformes, se trouve tout à fait isolé.

Ce liquide, qui paraît sécrété en grande quantité chez les herbivores, a probablement pour usage de contribuer à la dilution du chyme parvenu dans l'intestin et à la neutralisation de son acidité. Il transforme lentement la fécule cuite en sucre et il opère une sorte d'émulsion des matières grasses sans toutefois leur donner une réaction acide. En effet, lorsqu'on agite vivement dans un tube 5 à 6 parties de suc intestinal avec une partie d'huile d'olives, celle-ci se transforme en une écume blanchâtre, homogène. Enfin, lorsqu'on injecte dans une anse intestinale fermée

comme nous l'avons dit précédemment, une certaine quantité d'huile, on retrouve au bout d'une heure cette substance réduite en flocons blanchâtres, homogènes qui résultent évidemment d'une émulsion déjà fort avancée. Je suis porté à croire que ce fluide joue un rôle important dans la digestion des matières grasses.

Quant aux sucs sécrétés dans le gros intestin il n'est pas facile de les obtenir par le procédé dont j'ai donné la description. Les expériences que j'ai tentées sur la pointe du cœcum et à la courbure pelvienne du côlon du cheval ne m'ont encore conduit à aucun résultat qui mérite d'être mentionné.

Les diverses sécrétions intestinales si abondantes chez les grands herbivores, le cheval entre autres, le paraissent fort peu chez les carnassiers ; du moins il m'a été impossible, en appliquant à ces animaux les moyens qui m'avaient réussi pour les autres, de recueillir des quantités appréciables soit du suc duodénal, soit du suc du reste de l'intestin grêle. Le produit de ces sécrétions doit y être, du reste, peu considérable à cause de la petite surface de la muqueuse intestinale. En effet, la totalité de l'intestin grêle d'un chien est loin de représenter en étendue cette anse longue de 2 à 3 mètres où nous recueillons le suc intestinal du cheval. La faible étendue de la muqueuse des petits animaux sera toujours un obstacle à la réalisation d'une étude qui devient si facile chez les mammifères de grande taille.

La sécrétion du suc intestinal, dont Haller avait porté le produit à 8 livres en 24 heures chez l'homme, est sans doute d'une activité en rapport avec celle de la digestion. Elle devient excessivement abondante sous l'influence des purgatifs et, alors, le fluide qu'elle verse dans la cavité intestinale n'est plus résorbé comme il l'est probablement dans les circonstances ordinaires. Cette sécrétion fournit une énorme quantité de liquide dans les diarrhées séreuses et muqueuses, lesquelles peuvent résulter plus spécialement d'une hypersécrétion soit des glandes productrices du mucus, soit de celles qui donnent le fluide ténu et non visqueux. Mais c'est là un point qui rentre dans les attributions du pathologiste.

IV. DES MODIFICATIONS QUE LES ALIMENTS ÉPROUVENT DANS L'INTESTIN.

Les substances alimentaires parvenues dans l'intestin, déjà imprégnées de salive et de suc gastrique, y sont soumises à l'action des fluides que nous venons d'examiner sommairement. Elles ne peuvent subir leurs métamorphoses définitives sans l'intervention des liquides si abondants que sécrètent le foie, le pancréas et les organes glanduleux de la muqueuse intestinale et sans un contact prolongé avec ces agents de nature si variée : aussi s'accumulent-elles en grande quantité dans le tube intestinal des herbivores à estomac simple et à digestion gastrique imparfaite, tandis qu'elles n'y séjournent qu'en faibles proportions à la fois chez les herbivores ruminants et chez les animaux carnassiers.

ANIMAUX.	TAILLE.	POIDS du contenu de l'estomac.	POIDS du contenu de l'intestin grêle.	POIDS du contenu du cœcum.	POIDS du contenu du côlon.	POIDS total du contenu de l'intestin.	POIDS du contenu de l'estomac et de l'intestin.	OBSERVATIONS.
Cheval ..	moy...	11,500	23,000	6,000	22,000	51,000	62,500	Mort d'indigestion.
Cheval ..	moy...	3,000	2,500	15,000	23,000	40,500	43,500	Mort de faim.
Taureau .	moy...	98,000	11,500	1,000	8,500	21,000	119,000	État normal.
Vache. ..	moy...	67,000	6,000	0.300	3,700	10,000	77,000	État normal.
Vache. ..	petite. .	42,000	»	»	»	3,000	45,009	Morte à la suite
Bélier. ..	g. taille	5,210	»	»	»	1,408	6.618	d'une longue maladie.
Bélier. ..	g. taille	7,200	»	»	»	1,600	8,800	État normal.

Ces aliments, plus ou moins délayés, suivant l'abondance des sécrétions digestives, et surtout suivant la proportion des liquides parvenus à l'intestin, se présentent sous un aspect caractéristique dans chacune des sections du tube. Ils sont, chez les solipèdes, par exemple, mêlés à un fluide épais, jaunâtre, visqueux dans l'intestin grêle ; ils restent délayés et noyés dans le cœcum au milieu d'un liquide dépourvu de viscosité ; ils se trouvent encore très mous dans le côlon replié, mais leur consistance augmente progressivement à mesure qu'ils se rapprochent du côlon flottant où ils se moulent en petites pelotes sèches et isolées les unes des autres par les valvules conniventes.

Leur réaction, sur laquelle les expérimentateurs sont en dissidence, paraît cependant varier très peu, soit relativement aux espèces, soit relativement au régime et aux périodes de la digestion ou de l'abstinence.

En arrivant dans l'intestin grêle, ces aliments sont acides, et d'autant plus, qu'ils ont séjourné davantage dans l'estomac ; sur ce point, tous les observateurs sont d'accord. Cette acidité persisterait très souvent dans toute la longeur du tube, d'après Tiedemann et Gmelin ; elle serait remplacée vers l'iléon par une alcalinité très sensible, d'après les recherches de MM. Leuret et Lassaigne. Les observations que j'ai faites sur les chevaux et les ruminants m'ont conduit à un résultat uniforme et constant que voici :

Le contenu de l'intestin grêle est alcalin sur les animaux à jeun, et son alcalinité est d'autant plus grande qu'on s'éloigne plus de l'estomac. Jamais, on ne le trouve ni neutre ni acide. Sur les animaux qui digèrent, les aliments sont acides entre le pylore et le point où affluent la bile et le suc pancréatique. Au delà de celui-ci, leur acidité diminue, ils deviennent neutres puis bientôt nettement alcalins, et souvent même ils offrent cette réaction tout près du duodénum. Enfin, leur alcalinité augmente à mesure qu'ils se rapprochent de l'iléon et du cœcum. Il en est ainsi chez le cheval, le bœuf, le mouton, à toutes les périodes de la digestion, soit que les animaux se nourrissent de fourrages verts ou desséchés, soit qu'on leur ait donné de l'avoine, de la farine, ou des racines.

Cette alcalinité, qui est d'autant plus prononcée que la digestion est moins active,

dépend évidemment de la bile, du suc pancréatique et du suc intestinal. Le premier de ces trois fluides est peut-être celui qui y prend la plus faible part, car il est très légèrement alcalin. Le second qui a cette réaction à un plus haut degré, et le troisième qui est sécrété abondamment chez les herbivores, doivent être considérés comme les deux agents principaux de la saturation du chyme, puis de son alcalinité.

Les dissidences qui règnent entre les physiologistes, relativement à l'état du contenu de l'intestin grêle, me semblent difficiles à expliquer. Peut-être tiennent-elles à une cause d'illusion que j'ai déjà signalée en traitant de la digestion gastrique des ruminants, c'est-à-dire au reflet violacé que prend quelquefois et momentanément le papier bleu de tournesol mis en contact avec les liquides de cette partie du tube digestif. Cependant, alors, comme dans toutes les autres circonstances, le papier rouge de tournesol est ramené au bleu quelques minutes après avoir été plongé dans ces liquides.

Les mutations qui s'opèrent dans les matières de l'intestin grêle sont évidemment complexes. Elles ne peuvent être appréciées qu'après un examen préalable du contenu de cet intestin chez les animaux à jeun. Or déjà nous avons vu que, d'après Tiedemann et Gmelin, les fluides de l'intestin grêle renferment de l'albumine, du mucus, une matière caséeuse, diverses matières animales particulières, du mucus, de la résine biliaire et un grand nombre de sels. Ces expérimentateurs (1) ont reconnu dans les matières de l'intestin grêle du cheval, des ruminants et du chien lors de la digestion : 1° un acide libre, probablement l'acide acétique ; 2° de l'albumine en grande quantité dans le duodénum, et en proportion de plus en plus faible à mesure qu'on se rapproche du cœcum : cette substance était abondante chez les chevaux nourris avec de l'avoine ; elle vient à la fois des aliments, du suc pancréatique et du suc intestinal ; 3° du caséum ; 4° trois matières animales particulières caractérisées par la manière dont elles sont modifiées par les réactifs ; 5° enfin, du carbonate d'ammoniaque, des carbonate, phosphate, sulfate et chlorure alcalins, du carbonate et du phosphate de chaux.

Les matières azotées neutres, la fibrine, l'albumine, le gluten, le caséum, que le suc gastrique a déjà modifiées et transformées en un principe qui est apte à la formation de la fibrine et de l'albumine du chyle, ne paraissent pas devoir subir de nouveaux changements bien considérables dans l'intestin grêle : elles sont absorbées, peut-être tout en conservant le caractère qui leur avait été imprimé dans l'estomac.

Les matières grasses émulsionnées et acidifiées par le suc pancréatique, émulsionnées aussi à un certain degré par le suc intestinal, passent, en plus ou moins grande proportion, dans les vaisseaux chylifères. L'état de division extrême sous lequel elles se trouvent dans la trame des tissus végétaux, est déjà une condition très favorable et peut-être même suffisante à leur absorption. Si elles sont en excès, elles s'en vont avec les excréments.

La fécule dont la métamorphose avait commencé dans la bouche, pour se ralentir et même se suspendre dans l'estomac, continue à éprouver cette mutation dans le milieu alcalin de l'intestin grêle. Là, elle se transforme en dextrine et en glucose,

(1) *Ouv. cité*, première partie, p. 382 et suiv.

sous l'influence de la salive dont elle est encore imprégnée, du suc pancréatique et du suc intestinal. C'est peut-être en raison de la forte proportion de fécule qui entre dans la composition des aliments végétaux, que les sécrétions pancréatique et intestinale sont si abondantes chez les herbivores. La partie de la fécule transformée en sucre est absorbée : le reste est éliminé avec les autres résidus des élaborations intestinales.

Enfin, le sucre, les sels et les principes aqueux peuvent être assimilés sans modifications préalables.

A mesure que ces mutations s'opèrent, les radicules de la veine porte et les chylifères qui partent des villosités, saisissent les matières élaborées, et de tant d'éléments différents, ils forment de la fibrine, de l'albumine mêlées à de la graisse et à des sels. Ils saisissent aussi une grande partie de ces principes précieux qui se trouvaient dans les flots de salive, de suc gastrique, de bile, de suc pancréatique et de fluide intestinal.

Plus tard, nous examinerons le mécanisme de l'absorption du chyle, sa progression, sa composition intime. Disons seulement ici qu'à l'aide d'un appareil très simple, on peut l'obtenir pur en grande quantité, voir comment il se coagule spontanément et y reconnaître la présence d'une fibrine extrêmement blanche, et celle d'une forte proportion d'albumine.



Fig. 55.

Appareil pour recueillir le chyle sur le bœuf. L'intestin et les gros vaisseaux chylifères sont vus par transparence dans la cavité abdominale. Un tube d'argent prolongé par une petite sonde flexible de caoutchouc est fixé à l'un de ces vaisseaux ; au-dessous une capsule dans laquelle tombe le chyle.

Toutes les métamorphoses des matières alimentaires s'achèvent ou à peu près dans l'intestin grêle des animaux carnassiers dont le cœcum est nul ou extrêmement petit et le côlon d'une brièveté remarquable ; mais ces opérations se continuent dans le cœcum si vaste des solipèdes et des autres pachydermes, de même que dans les parties antérieures de leur immense côlon. C'est ce qu'il s'agit maintenant d'examiner.

La plupart des physiologistes ont depuis longtemps comparé le cœcum à un second estomac, autant d'après une certaine ressemblance de forme que d'après une vague et hypothétique analogie de fonction : presque tous, Viridet, Tiedemann et Gmelin (1), Schultz (2), Mayer (3), et d'après eux beaucoup d'autres auteurs, admettent que le contenu du cœcum est acide et qu'il se sécrète dans ce réservoir un suc dissolvant acide. Tiedemann et Gmelin ont trouvé dans la liqueur filtrée du cœcum des chevaux et des ruminants : 1° un acide libre ; 2° de l'albumine ; 3° une matière précipitable par le chlorure d'étain ; 4° une matière qui rougit par le chlore ; 5° de la graisse, de la résine biliaire, enfin les sels qui existent déjà dans l'intestin grêle.

Les fonctions du cœcum me paraissent faciles à déterminer, surtout chez les animaux tels que les solipèdes et les pachydermes où ce réservoir a un grand développement. Les matières qu'il renferme, en quantité considérable, et qu'il retient pendant longtemps, ne sont jamais acides chez le cheval et les ruminants, ni pendant la digestion, ni pendant l'abstinence. C'est un fait que j'ai constaté maintes fois et que j'oppose aux observations contraires de Tiedemann et Gmelin, de Schultz, d'Eberle, de Mayer, etc. Leur alcalinité est même plus prononcée que celle des diverses parties de l'intestin grêle ; elle l'est encore plus que celle des matières du côlon replié. Les fluides qui baignent les aliments de ce viscère ne viennent qu'en très faible partie des glandes tubuliformes microscopiques et des follicules solitaires. Ils résultent du mélange des liquides dont l'animal s'est abreuvé, avec le reste de la salive, du suc gastrique, de la bile et des autres produits de l'intestin grêle ; seulement ces fluides ont perdu la consistance et la viscosité qu'ils possédaient à un si haut degré dans cette dernière partie du tube digestif.

Or, puisque les aliments demeurent longtemps dans le cœcum baignés des fluides qui les imprégnaient dans l'intestin grêle, il semble qu'ils doivent continuer à éprouver les élaborations qui s'opèrent dans cet intestin grêle. On ne voit pas, en effet, pourquoi la fécule ne pourrait encore s'y transformer en dextrine et en glucose, la graisse s'y émulsionner et d'autres substances s'y dissoudre à la longue ; de plus, rien ne s'oppose à ce que les principes assimilables n'y soient saisis par les radicules des veines et des vaisseaux lymphatiques. Nous verrons plus tard que le cœcum absorbe très activement, qu'il a des vaisseaux blancs énormes et des ganglions nombreux sur leur trajet. Ces vaisseaux contiennent un liquide fibrineux, albumineux, comme le chyle, et c'est, à n'en pas douter, un chyle comme celui de l'intestin grêle, mais n'ayant point la teinte opaline et lactescente de ce dernier. A ce double titre de réservoir d'élaboration et d'absorption aussi bien des principes assimilables que des liquides, le cœcum acquiert une importance considérable chez les herbivores à estomac simple. Je soumets à l'appréciation des physiologistes ces vues que je développerai plus tard, en leur donnant des bases expérimentales.

Dans le côlon replié, si ample et si analogue au cœcum chez les solipèdes, les mêmes opérations doivent se continuer. Les liquides s'y résorbent en grande partie

(1) *Ouv. cité*, première partie, p. 405.
(2) Muller, *Manuel de physiologie*, Paris, 1851, t. I, 447.
(3) Burdach, *Physiologie*, t. IX, p. 329.

comme le prouve la consistance toujours croissante des aliments. Avec eux sont résorbés aussi les sels et les principes tenus en dissolution dans le véhicule aqueux de ce réservoir. Des myriades d'infusoires se développent, s'agitent et meurent au



Fig. 56. — *Infusoires du cœcum du cheval.*



Fig. 57. — *Infusoires du côlon replié du même animal.*

sein de la masse alimentaire de ce segment d'intestin, de même que dans les matières du cœcum. Des gaz qu'on n'a point encore étudiés, en ce qui concerne les animaux, se dégagent dans le cœcum et le côlon, de même que dans l'intestin grêle. Ils distendent énormément le gros intestin, lors de certaines indigestions, et s'échappent avec violence dès qu'on vient à faire la ponction du cœcum. Enfin, à mesure que les matières sont dépouillées de leurs parties fluides et de leurs principes nutritifs, elles se durcissent, s'isolent en petites pelotes que la membrane interne enveloppe d'une couche de mucus. Là s'arrêtent les transformations qui caractérisent le travail nutritif. Mais, malgré la longue série des opérations que nous avons passées en revue, tous les matériaux assimilables n'ont pu se métamorphoser et passer dans les voies de la circulation : une proportion notable de leur masse est demeurée emprisonnée dans la gangue excrémentitielle. Diverses analyses le prouvent, et celles-ci en donnent un exemple pour trois espèces d'herbivores domestiques.

	CHEVAL.	VACHE.	MOUTON.
Eau	690	750	670
Résidus d'aliments	202	141	140
Amidon vert, albumine, mucus	63	83	128
Picromel avec sels	20	11	34
Matières biliaires et extractives	17	10	19
Perte	8	»	9

Analyses de M. Zierl, dans la *Physiologie* de M. Bérard, t. II, p. 462.

DES MOUVEMENTS DE L'INTESTIN ET DE LA PROGRESSION DES MATIÈRES ALIMENTAIRES.

En traitant de la digestion intestinale, nous avons fait abstraction des mouvements que l'intestin imprime aux matières qu'il contient ; nous avons vu l'estomac chasser, à travers l'orifice pylorique, des ondées de chyme qui, en arrivant dans le duodénum, se mettent en contact avec de nouveaux agents modificateurs. Il faut examiner maintenant les contractions intestinales qui règlent la durée du séjour des aliments, le mode et la vitesse de leur progression, enfin le départ du résidu des actions digestives. Ces simples phénomènes, placés sous la dépendance du système nerveux, ne nous paraîtront pas moins admirables que le rhythme des mouvements du cœur et des divers organes contractiles.

Les mouvements de l'intestin que Galien a indiqués avec précision, et que les sacrificateurs anciens avaient pu observer dans tous leurs détails, peuvent se voir aussi bien sur l'animal vivant, dont le ventre est largement ouvert, que sur l'animal récemment tué. Ils deviennent même sensibles au toucher, lorsque le bras de l'observateur s'engage dans la cavité abdominale à travers une plaie du flanc. Haller en a donné une description à laquelle on ne saurait plus rien ajouter.

Les mouvements intestinaux, examinés sur un animal qui vient de mourir ou qu'on a sacrifié depuis peu, paraissent n'avoir aucune régularité, aucun rhythme déterminé. On voit toute la masse intestinale, étalée au contact de l'air, s'agiter d'abord très lentement et en quelques points, puis avec plus de vivacité et d'une manière confuse, Les circonvolutions glissent les unes sur les autres ; les plus superficielles deviennent profondes ; les circonvolutions, d'abord cachées, deviennent apparentes. Dans les points dilatés, il se produit un étranglement de plus en plus marqué. Au delà se forme une bosselure qui s'agrandit progressivement. Bientôt le rétrécissement s'efface et se trouve remplacé par une dilatation, puis la dilatation devient un étranglement. Les dépressions et les bosselures se forment à la fois sur plusieurs points et se succèdent avec une certaine rapidité ; l'intestin en masse décrit des ondulations comme le corps d'un serpent replié et enroulé sur lui-même. Les circonvolutions changent continuellement d'aspect : les plus petites arrivent à décrire des courbes d'un grand diamètre ; les plus grandes se tordent, se divisent et se fractionnent. Les parties cylindriques et resserrées se dilatent et deviennent noueuses. Les aliments, les fluides et les gaz se déplacent. On les voit passer d'une anse déprimée dans une anse dilatée, et leur mouvement s'accompagne parfois d'un léger bruit.

Ces contractions, auxquelles l'impression de l'air froid donne une certaine vivacité, sont plus prononcées sur les animaux en pleine digestion que sur ceux dont l'intestin est très distendu par les aliments, ou à peu près vide. Après s'être opérées pendant un certain temps, elles se ralentissent et perdent de leur énergie ; les nœuds persistent plusieurs minutes , les rétrécissements ne disparaissent qu'à des périodes très éloignées. Si alors on déplace un peu la masse, les mouvements se raniment ; les anses demeurées à l'abri du contact de l'air commencent à s'agiter avec une nouvelle vivacité. Si l'on projette à leur surface quelques gouttes d'eau

froide, les points touchés par le liquide deviennent des centres de dépression. Le même effet se produit par suite d'un pincement des tuniques intestinales ou par l'action d'un acide, de l'alcool concentré ou d'un caustique. Aux endroits irrités, l'intestin s'étrangle et chasse son contenu au delà des parties resserrées. Si l'on fait une petite incision aux parois de l'intestin, il s'en échappe d'abord une faible quantité de matières alimentaires, et bientôt les bords de la plaie se renversent et forment, comme le disait Haller, deux espèces de lèvres recouvertes par la muqueuse devenue extérieure. Une anse détachée du reste se vide d'une partie de son contenu, prend l'aspect d'une corde noueuse et le conserve après l'extinction de sa contractilité ; ses extrémités se renversent en dehors sous la forme d'un bourrelet saillant tapissé par la membrane interne. Une anse semblable, récemment détachée et liée aux deux extrémités, se meut vivement dans l'eau tiède, où elle a été projetée.

Ces contractions, qui paraissent irrégulières et sans ordre déterminé, s'opèrent cependant, pour la plupart, de l'estomac vers le gros intestin. Les aliments et les liquides oscillent, il est vrai, de l'iléon vers le duodénum, et du duodénum vers l'iléon ; mais enfin la direction péristaltique prédomine, car, au bout d'un certain temps, le tiers supérieur ou la première moitié de l'intestin grêle est à peu près vide, et toutes les matières sont accumulées dans la dernière jusqu'à l'iléon contracté. C'est ce qu'on voit très bien chez les animaux solipèdes. Haller a observé que ces mouvements de l'intestin persistent après la mort plus longtemps que ceux du cœur. Il les a provoqués une heure après la mort apparente chez le chien et la grenouille. Je les ai vus encore très sensibles cinquante et même cinquante-cinq minutes sur le cheval, après la mort déterminée par la section de la moelle épinière au niveau de l'occipital.

Les mouvements intestinaux, si sensibles lorsque la cavité abdominale est ouverte depuis quelques instants, sont moins prononcés à l'état normal. On les voit faibles et lents sur l'animal vivant, au moment même de l'incision des parois abdominales. Ils ne prennent de la vivacité que par suite de l'impression de l'air ou du contact d'un stimulant un peu énergique. Leurs caractères et leurs effets varient suivant qu'il y a ou non digestion, et que les aliments, les liquides abordent en plus ou moins grande quantité dans l'intestin.

Pendant l'abstinence, l'intestin grêle des carnivores est petit, complétement affaissé sur lui-même; sa cavité s'est effacée, il ressemble à une corde noueuse dont l'aspect est tout à fait caractéristique. Celui des solipèdes est également affaissé et contracté dans sa partie antérieure, sur un trajet de 3, 4, 5, 6 mètres et plus; la deuxième moitié, plus ou moins dilatée, renferme les matières que cet intestin a conservées dans sa cavité. Cet état persiste sur le cadavre seulement quelques heures après la mort. Il disparaît lorsqu'un commencement de décomposition a déterminé un dégagement de gaz qui distendent les diverses parties du tube digestif. Le même phénomène s'observe sur les animaux tués lorsqu'ils digèrent plus ou moins activement. Les parties antérieures, ayant continué à se contracter encore après la mort, ont poussé vers l'iléon ce qu'elles contenaient ; et une fois à peu près vides, elles se sont disposées en cordon plus ou moins régulier ou noueux. Ce résultat constant a été considéré par Girard et d'autres auteurs comme un rétrécissement dérivé des

privations et de la faim ; mais c'est une erreur. Le rétrécissement d'une partie de l'intestin se dissipe par l'insufflation et par l'accumulation des gaz, dès que la rigidité cadavérique a cessé dans les viscères contractiles de l'abdomen.

Il est à noter que la dernière partie de l'intestin grêle, longue d'un mètre à un mètre et demi, est constamment contractée après la mort et à peu près vide d'aliments. Celle-ci joue un rôle important relativement à la progression des aliments et à leur passage dans le gros intestin.

On conçoit, pour peu qu'on y réfléchisse, que le transport des matières alimentaires de l'estomac dans le gros intestin doit être assez ralenti pour que la bile, le suc pancréatique et le suc intestinal, aient le temps d'agir sur elles, et les villosités celui d'absorber les principes assimilables. Le but ne serait pas rempli, à supposer que les mouvements péristaltiques fussent eux-mêmes excessivement lents ; car il est indispensable que les matières soient sans cesse agitées et soumises vingt fois au contact des surfaces absorbantes ; mais ce but est atteint par le fait du rhythme des contractions intestinales, qui font osciller les aliments du duodénum vers l'iléon, et de l'iléon vers le duodénum. Les aliments, arrivés vers la dernière portion de l'intestin grêle, ne peuvent aisément passer dans le cœcum ; car l'iléon, qui a un faible diamètre, des parois fort épaisses et presque toujours contractées, leur oppose une barrière puissante. Cet iléon, comparable pour l'épaisseur des parois et les contractions énergiques à l'extrémité inférieure de l'œsophage des solipèdes, empêche évidemment tout le contenu de l'intestin grêle de passer dans le cœcum quand l'animal boit une grande quantité d'eau ; il le pousse lentement dans le gros intestin lorsque le jejunum est suffisamment distendu. Une particularité si remarquable n'est pourtant pas générale; elle manque aux ruminants, dont les aliments ne passent dans l'intestin grêle qu'en très petite portion à la fois.

Les contractions de l'intestin grêle donnent lieu quelquefois à ce qu'on appelle l'invagination : une portion contractée et rétrécie s'engage en dedans de la portion suivante, qui se trouve dilatée. Haller (1) eut l'occasion d'en voir une se produire sur un lapin dont l'abdomen était ouvert. On en trouve assez souvent placées à une certaine distance les unes des autres chez les jeunes chiens. J'en ai observé quatre sur le trajet de l'intestin grêle d'un jeune singe. Peut-être ces invaginations sont-elles très fréquentes et disparaissent-elles souvent sans grandes difficultés. Le volvulus qui n'est pas rare chez le cheval, paraît se lier à la disposition de l'intestin grêle et au resserrement de la dernière portion. J'ai vu avec M. Bouley un volvulus dans lequel les dernières anses de l'intestin grêle s'étaient enroulées plusieurs fois autour de l'iléon contracté, de même qu'on le fait aisément sur le cadavre. On conçoit le mécanisme de ce déplacement en se rappelant qu'à la suite de l'ingestion d'une grande quantité d'eau froide, celle-ci arrive bientôt jusqu'à l'iléon qui, par son resserrement, lui ferme l'entrée du cœcum. Alors la dernière anse, distendue et redressée par le liquide que chassent les contractions des parties antérieures, se renverse par son propre poids et se tord sur l'iléon, pour peu qu'elle soit sur un plan supérieur à celui-ci.

Les matières alimentaires et les boissons cheminent assez rapidement dans l'in-

(1) *Mémoires sur la nature sensible*, etc., t. I, p. 334.

testin grêle ; car il suffit de dix à quinze minutes pour qu'une partie des liquides qui sortent de l'estomac parcourent tout le trajet qui sépare le réservoir gastrique du cæcum. Cet rajet a cela de remarquable chez les solipèdes, que les deux extrémités de l'intestin grêle se trouvent à un niveau plus élevé que la partie moyenne de cet organe, l'une étant fixée sous les piliers du diaphragme, et l'autre sous le rein droit, à l'arc du cæcum. Aussi les matières alimentaires doivent-elles suivre dans l'ensemble de leur progression, d'abord une marche descendante, puis une marche ascendante.

Une fois que les matières alimentaires sont arrivées dans le cæcum, elles y séjournent plus ou moins, et n'en sortent que difficilement et par petites portions chez certains animaux, tandis qu'elles passent librement de là dans le côlon chez la plupart ; mais jamais elles ne refluent dans l'intestin grêle.

Ce réservoir, parfaitement circonscrit chez le cheval et les autres solipèdes, y présente un grand nombre de bosselures séparées par des plis transversaux. Sa pointe ou son fond descend vers l'appendice abdominal du sternum, et ses deux orifices, tout à fait supérieurs, se trouvent fort rapprochés de la colonne vertébrale ; aussi les aliments et les liquides qu'il reçoit tombent-ils vers sa partie déclive, puis remontent contre leur propre poids lorsqu'ils passent dans le côlon, tandis que les gaz occupent l'arc ou la région la plus élevée. Les matières délayées, tenues en dépôt dans ce réservoir, ne peuvent refluer dans l'intestin grêle, par suite de l'obstacle qu'oppose le prolongement saillant de l'iléon, si développé chez le porc et découpé en deux petites lèvres dans certaines espèces. Elles ne passent qu'avec lenteur et en très petite quantité dans le côlon replié, en raison de la disposition singulière de l'orifice qui fait communiquer entre elles ces deux sections du gros intestin, orifice étroit, sinueux, courbé sur lui-même et à parois plissées. Dès qu'elles acquièrent une grande consistance et qu'elles s'y dessèchent, elles ne peuvent plus franchir ce détroit. Aussi le cæcum ne peut-il se désobstruer dans certaines indigestions, surtout lorsqu'il contient 40, 50 kilogrammes d'aliments tassés et moulés dans ses cellules, comme M. Bouley me l'a fait voir sur deux chevaux morts à la suite de violentes coliques.

Le contenu du cæcum passe dans le côlon, soit lorsque le premier réservoir est trop plein, soit lorsque les parois de celui-ci se contractent de la pointe vers l'arc, c'est-à-dire de la partie déclive vers la plus élevée. Ces contractions, qui paraissent faibles sur l'animal dont l'abdomen est ouvert, doivent cependant jouir d'une énergie considérable, puisqu'elles font remonter dans le côlon les balles de plomb, les billes de marbre assez lourdes qu'on fait avaler au cheval. Peut-être ne sont-elles pas étrangères au développement de cette invagination par laquelle la pointe de l'organe remonte dans l'arc et vient sortir dans le côlon replié.

La disposition si remarquable du cæcum des solipèdes n'est pas fort commune parmi les mammifères : elle se rapproche beaucoup de celle du cæcum du lièvre, du lapin et de plusieurs pachydermes ; mais elle n'a plus rien de commun avec celle que cet organe affecte chez les ruminants et les carnivores, car chez ceux-ci le cæcum est cylindrique, sans replis, sans bosselures ni bandes longitudinales ; il n'est séparé du côlon par aucun étranglement qui puisse empêcher les matières alimentaires de passer ensuite de l'un dans l'autre. Mais chez les ruminants et les carnassiers le cæcum est réduit à un rôle d'une minime importance.

Les aliments, une fois arrivés dans le côlon, s'y accumulent en grande quantité, surtout chez les vieux chevaux et chez les animaux qui digèrent mal. Ils sont encore très délayés dans les premières sections, depuis le cœcum jusqu'à la courbure sus-sternale et de celle-ci à la courbure pelvienne ; mais ils prennent de la consistance à mesure qu'ils se rapprochent du côlon flottant. Leur marche est favorisée au lieu d'être ralentie, par les plis appelés improprement *valvules conniventes*, valvules qui divisent la masse et l'ébranlent portion par portion par un mécanisme analogue à celui des palettes d'une roue hydraulique. Le ralentissement de cette progression tient à l'étendue du trajet que les matières parcourent et au rétrécissement de la courbure pelvienne, et de l'origine du côlon flottant, dans lequel elles ne parviennent qu'après avoir été privées d'une forte proportion de leur véhicule aqueux. Elles s'arrêtent même au niveau de ces rétrécissements si elles sont sèches ; elles s'y durcissent et forment les pelotes stercorales qui occasionnent si fréquemment des coliques mortelles; mais ce n'est pas dans ces points que séjournent ces calculs énormes dont le poids s'élève jusqu'à 8 à 10 kilogrammes, sans que leur présence soit incompatible avec l'entretien régulier des fonctions digestives.

Les contractions de cet intestin n'ont pas la vivacité qui appartient à celles de l'intestin grêle; cependant elles ont une énergie quelquefois très considérable. On les voit très bien sur un animal tué depuis quelques minutes et dont l'intestin est étalé hors de la cavité abdominale. On les voit de même sur un animal vivant dont le côlon modérément lesté est mis à découvert. Dès que l'impression de l'air s'est fait sentir depuis quelques instants, les contractions, auparavant très faibles, prennent une vivacité graduellement croissante. Les bosselures se changent en dépressions, les dépressions deviennent des bosselures, et cette succession se montre souvent assez rapide. Le côlon, dans ses parties déjà rétrécies, se resserre et se dilate tour à tour ; par moments la courbure pelvienne arrive à n'avoir plus que le tiers de son diamètre normal, et après s'être ainsi rétrécie, elle reprend très lentement ses dimensions primitives.

On conçoit que ces contractions, qu'on voit d'autant plus sensibles que l'intestin est moins distendu, ont besoin d'une grande énergie pour faire progresser des masses énormes d'aliments, et souvent contre les lois de la pesanteur, comme de la courbure sus-sternale à la courbure pelvienne, et de la courbure diaphragmatique à la naissance du côlon flottant. Les fibres circulaires qui les déterminent prennent des points d'appui sur les fortes bandes longitudinales dont l'usage essentiel est, comme l'avait remarqué Galien, de donner de la solidité aux parois intestinales. Quant à ces rubans eux-mêmes, ils ne paraissent pas se contracter sur le côlon replié et le cœcum, mais leur contraction devient parfois sensible sur le côlon flottant, où elles sont très évidemment de nature musculaire.

Les matières parvenues dans le côlon flottant ont cédé aux absorbants une grande partie des liquides qui les imprégnaient. A mesure qu'elles cheminent dans cette dernière section du tube digestif, elles acquièrent une plus grande consistance, les valvules conniventes divisent la masse en petites pelotes qui se tassent progressivement et se recouvrent d'une légère couche de mucus. En passant d'une cellule dans la cellule suivante, chaque pelote conserve sa forme et son volume, sans jamais se réunir avec celles qui l'avoisinent. Elles s'entassent

dans le rectum en quantité plus ou moins considérable jusqu'au moment de leur élimination.

Chez un grand nombre d'animaux, le côlon, au lieu d'offrir la disposition si remarquable qui appartient aux solipèdes, aux pachydermes et à quelques rongeurs, conserve l'aspect de l'intestin grêle. Il n'a dans les ruminants et les carnassiers, par exemple, ni dilatations ni resserrements alternatifs ; il est dépourvu de bosselures, de valvules, de bandes longitudinales. Cependant les matières stercorales s'y rassemblent en petites pelotes, comme on le voit chez le mouton, la chèvre, le dromadaire, le lièvre, le lapin, etc. Ce résultat, dont la cause ne réside point dans une disposition anatomique, tient au mode spécial de contraction des dernières sections du gros intestin qui s'étranglent de distance en distance, de manière à prendre l'aspect d'une corde noueuse. Les pelotes, souvent assez espacées, peuvent s'amasser dans le rectum sans se confondre les unes avec les autres.

Chez les carnivores dont le côlon est extrêmement court, ce mode de contraction ne s'observe pas. Le gros intestin reste dilaté uniformément. Les excréments, s'ils sont consistants, s'y moulent sous la forme d'un cylindre que coupent en plusieurs segments les contractions du sphincter.

Les matières stercorales, lorsqu'elles se sont entassées dans le rectum, font naître une sensation spéciale qui exprime le besoin de la défécation. Le sphincter de l'anus, jusqu'alors resserré, sans l'intervention de la volonté, se relâche volontairement ; le rectum se contracte d'avant en arrière ; le diaphragme et les muscles abdominaux viennent au secours du dernier segment intestinal, dont l'action isolée resterait le plus souvent impuissante, bien qu'elle ne manque pas d'énergie, car Haller, Legallois et d'autres l'ont vue chez le chien suffire à l'expulsion des fèces, pendant que l'abdomen était ouvert. Il est à noter que souvent cette évacuation a lieu sans que le rectum soit rempli sur toute sa longueur. On voit, en effet, assez fréquemment chez le bœuf, au moment où l'anus s'ouvre, les matières venir de loin et remplir bientôt les parties postérieures momentanément dilatées.

Les matières alimentaires, pour traverser toutes les sections du tube digestif, c'est-à-dire pour parcourir chez le cheval un trajet moyen de 30 mètres, chez le mouton, de 32 mètres, et chez le bœuf, de 56 mètres, n'emploient pas un temps bien considérable. Nous avons vu, en effet, que les petits tubes, les boules creuses, que Réaumur et Spallanzani faisaient avaler à des moutons, étaient quelquefois rendus avec les excréments, trente, trente-trois heures après leur ingestion, et pourtant ces corps étrangers avaient probablement séjourné plus que les aliments dans les compartiments gastriques. Les petits sachets, les masses de chair, les boules de verre, les billes de marbre, que je faisais avaler à des chevaux, étaient rendus avec les matières stercorales, de la vingt-deuxième à la trentième heure, rarement au bout d'une période plus longue.

Voilà donc le travail de la digestion achevé. Tous les actes si variés de cette importante fonction n'étaient destinés, en définitive, qu'à préparer les matières alimentaires à céder aux absorbants une partie de leurs principes assimilables. Par l'analyse rapide que nous venons de faire, on a pu voir combien d'opérations combinées étaient nécessaires pour arriver à un tel résultat. Il a fallu aux animaux des instincts pour les guider dans la recherche de leur nourriture, des sensations pour les avertir

du besoin de prendre cette nourriture, régler la mesure suivant laquelle ils doivent en user, et apprécier ses diverses qualités ; il a fallu l'action d'organes spéciaux pour saisir l'aliment, celle d'autres organes pour le diviser et le broyer, l'imprégner de salive et l'amener dans les réservoirs gastriques et intestinaux ; il a fallu enfin les produits de nombreuses glandes pour élaborer cet aliment, une immense surface pour en saisir les principes nutritifs, des expansions contractiles pour le mettre en mouvement et en expulser le résidu.

Nous avons vu avec quelle harmonie ces actions se succèdent ou s'accomplissent simultanément. Nous avons fait la part des forces vitales et des forces chimiques dans ces opérations complexes qui transforment la substance étrangère en matière organisée. Les puissances vitales ont présidé au travail dans son ensemble et dans tous ses détails ; elles ont déterminé les conditions dans lesquelles les autres pouvaient agir : elles ont donné aux sensations leur caractère, aux sécrétions leur cachet spécial, aux mouvements leur rhythme si bien coordonné. Dès que les sucs modificateurs ont été versés, et que ces réactifs ont été mis en contact avec l'aliment, celui-ci s'est transformé comme il l'aurait fait dans un réservoir inerte; mais ses transformations s'effectuent dans un vaisseau admirablement organisé. Ce vaisseau se meut de lui-même ; il reçoit et garde les matières à élaborer ; il les expulse quand il le faut ; il jouit d'une sensibilité en rapport avec son rôle ; il verse les fluides dissolvants et se soustrait à leur injure ; enfin il absorbe les parties qui conviennent à la reconstitution des fluides nutritifs. Ce vase devient l'atelier mystérieux où les puissances chimiques travaillent en silence sous la direction de forces d'un ordre supérieur qui président aux actions digestives comme à toute autre fonction de l'économie animale.

FIN DU TOME PREMIER.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE PREMIER VOLUME.

LIVRE PREMIER.

DES FONCTIONS DU SYSTÈME NERVEUX.

LIVRE DEUXIÈME.

DES SENSATIONS.

LIVRE TROISIÈME.

DES MOUVEMENTS.

LIVRE QUATRIÈME.

DE LA DIGESTION.

FIN DE LA TABLE.







